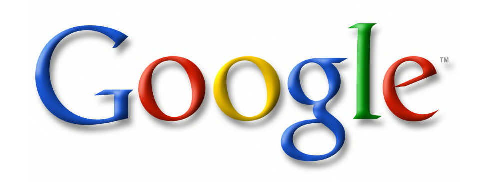
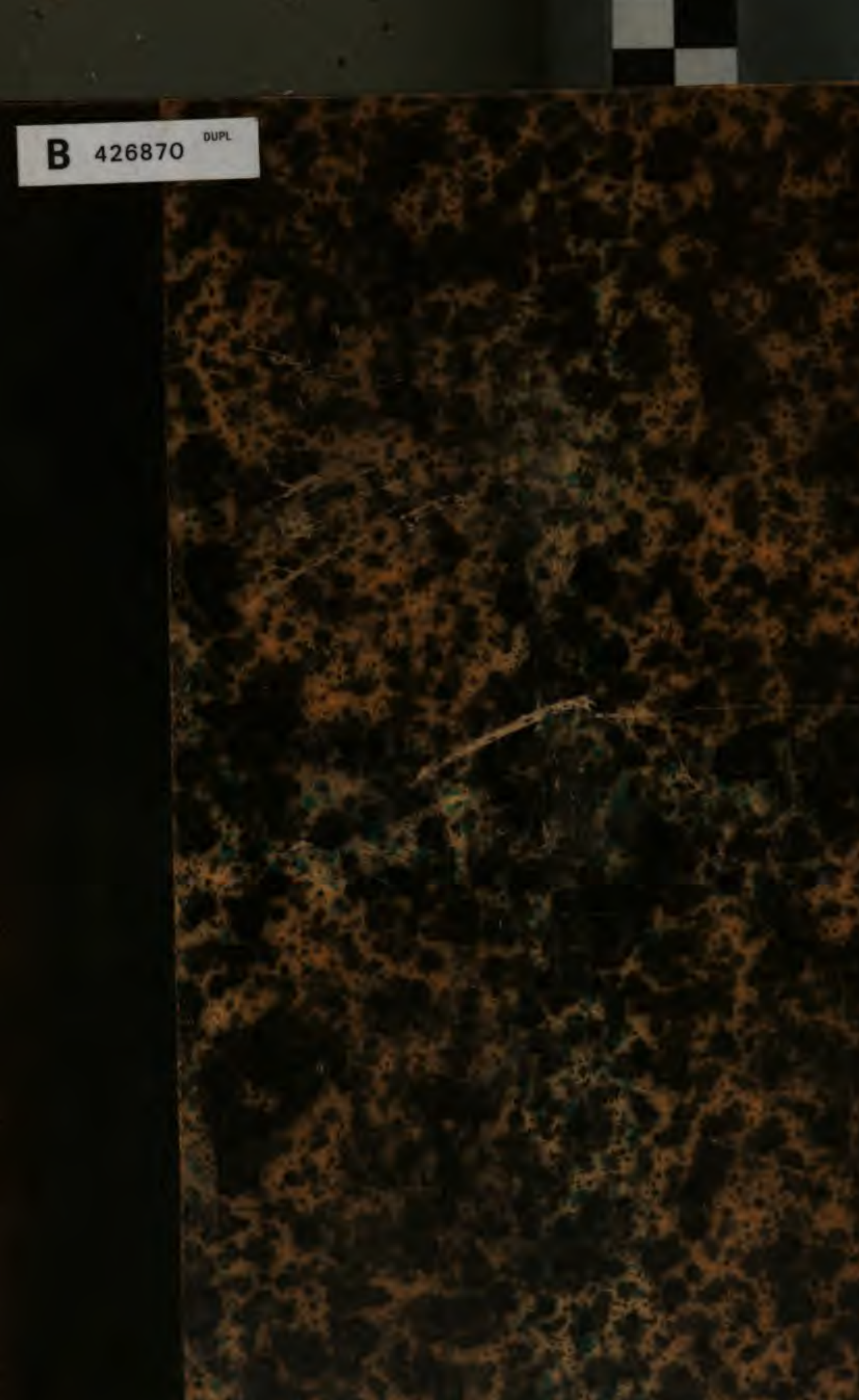







1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1884

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET IMPÉRIAL DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1884

PREMIER VOLUME

PARIS

SIÉGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

1884

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JANVIER 1884

N° 1

Pendant le mois de janvier la Société a traité les questions suivantes :

1° *Installation des Membres du Bureau et du Comité.* Discours de MM. Marché et Martin (séance du 4 janvier, page 7).

2° *Acier dans les constructions navales, civiles et mécaniques* (Emploi de l'), par M. Périssé (séance du 18 janvier, pages 30 et 31).

3° *Fer par l'acier* (remplacement du), par M. Canovetti (séance du 18 janvier, pages 30 et 108).

Pendant le mois de janvier, la Société a reçu :

De M. Périssé, membre de la Société, un mémoire sur l'*Emploi de l'acier dans les constructions navales, civiles et mécaniques ;*

De MM. Canovetti, membre de la Société, une étude sur le *Remplacement du fer par l'acier ;*

De M. Hourier, membre de la Société, un *Projet d'un réseau de tramways aux environs de Paris ;*

De M. Max de Nansouty, membre de la Société, une note sur les *attachés ingénieurs dans les consulats. — Rôle et avenir de l'ingénieur civil français à l'étranger ;*

De M. de Coene, membre de la Société, un exemplaire de sa notice sur les *Travaux exécutés et les projets à entreprendre pour l'amélioration de la Seine, de son estuaire et du port de Rouen ;*

De M. Bresson, membre de la Société, une note sur l'*État actuel de la métallurgie du fer et de l'acier en Autriche-Hongrie ;*

De M. Émile Blaise, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur les *Poussières industrielles ;*

De M. Orieulx de la Porte, ingénieur, un exemplaire d'une note sur l'emploi des *Grosses mines aux carrières de Lafarge-du-Theil ;*

De M. Léonce Vée, membre de la Société, 375 *volumes, brochures et atlas*, dont 334 en français et 41 en langues étrangères;

De M. Félix Le Blanc, membre de la Société, et de MM. Limousin et Schmitz, un exemplaire de leur rapport sur le *Matériel des arts chimiques de la Pharmacie et de la Tannerie à l'Exposition universelle de* 1878.

Les membres nouvellement admis sont :

MM.	Barbet,	présenté par MM.	Bougault, Marché et Périssé.
	Burgaleta,	—	Barthelemy, Marco Martinez, Ribera.
	Causel,	—	Cossmann, Monjean et A. Moreau.
	Chouanard,	—	Carimantrand, Lavezzari et Marché.
	Debaecker,	—	Berton, Hauet et Verdeau.
	Durey,	—	Berton, Dulac et Hauet.
	Furno,	—	Gayda, Martin (Louis) et Mignon.
	Hieronymi,	—	Gottschalk, Marché et Ubags.
	Hortsmann,	—	Buchetti, E. Cartier et Louis Martin.
	Jullin,	—	Béliard, Jullin et A. Moreau.
	Kalff,	—	Cluysenaer, Tresca et Marché.
	Lefebvre,	—	Bonpain, de Coene et Jantot.
	Meynier,	—	Carimantrand, Marché et Poncelet.
	Nigou,	—	Jullien, Monjean et Vlasto.
	Rolin,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Ruhle-von-Liliemtern,	—	Cluysenaer, Douau et Marché.
	Sabatier,	—	Ducomet, Dufrené et Guyenet.
	Sarasin,	—	Carimantrand, Lévi et Marché.
	Stous-Sloot,	—	Cluysenaer, Douau et Marché.

Membre honoraire :

MM. Clermont, présenté par MM. Marché, Douau et Tresca.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1884

Séance du 4 Janvier 1884.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS MARTIN.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. MARCHÉ, Président sortant, prononce le discours suivant :

MESSIEURS,

Vous n'attendez pas un discours académique et solennel du Président qui quitte le fauteuil, car il n'a pas autre chose à faire, avant d'y appeler son successeur, qu'à résumer devant vous les travaux auxquels vous vous êtes livrés pendant l'année, et vous ne lui demandez que d'être concis.

La plupart de mes prédécesseurs en ont agi ainsi.

Cependant beaucoup d'entre eux, avant de se séparer de vous, ont discrètement lancé le trait du Parthe en glissant, sous forme de conseils, quelques vérités un peu désagréables. Je ne faillirai pas à cette tradition.

Et d'abord, Messieurs, j'ai le triste devoir de faire devant vous la nomenclature, bien longue cette année — elle comprend trente-sept noms — de ceux que la mort a frappés : les uns à la fin d'une carrière bien remplie, les autres en pleine activité et quelques-uns à la fleur de l'âge, à l'heure heureuse où l'avenir se dessine avec son cortège d'illusions et d'espérances.

Je suivrai dans cette pénible énumération l'ordre d'entrée à la Société, en commençant par ceux qui furent les derniers admis.

Douze d'entre eux faisaient partie des nôtres depuis moins de dix ans.

M. A. de la Ménardière, ancien élève de l'École centrale, promotion de 1873, était directeur de la Société des Forges de Stenay.

M. Cosnefroy, ancien élève de l'École supérieure de Maistrance, fut chef

de chantier au port de Cherbourg et était sous-chef des études à la Compagnie transatlantique.

M. Calmels, sorti de l'École centrale en 1870, fut ingénieur civil et architecte en Algérie, il s'y occupa de meunerie et du dévasement des barrages-réservoirs.

M. Arnoult, ancien élève de l'École centrale, était l'ingénieur du chemin de fer d'Anvin à Calais; sa mort soudaine a brisé une carrière pleine de promesses, et vous avez retrouvé dans la notice nécrologique que lui a consacrée M. Moreau, l'expression des vifs regrets de ceux qui le connaissaient.

M. Verdavaine, ancien élève d'Angers et de l'École centrale, après avoir dirigé plusieurs usines en Belgique et en Hollande, avait repris avec succès, à Paris, la direction d'une maison d'horlogerie et d'appareils de précision.

MM. Jouve, *Le Blond* et *Courtois* étaient également, tous les trois, anciens élèves de l'École centrale; le premier, après avoir été attaché à l'entreprise de sondages de notre collègue M. Léon Dru, était ingénieur à la Compagnie du chemin de fer et du port de la Réunion; le deuxième fut chef de section à la Compagnie des Charentes et était ingénieur au chemin de fer de la Beïra-Alta; le troisième, après avoir participé à la construction du chemin de fer de Cordoue à Malaga et de celui de Belmez à Cabeza del Buey, fut ingénieur à la Compagnie de Terre-Noire et enfin adjoint au directeur général des chemins de fer de l'État serbe.

M. Manuel de Arana, ingénieur agronome, né en Espagne, s'était établi depuis 1857 à Santiago de Chili, où il fut directeur de l'École normale d'agriculture; il y installa de grandes scieries et obtint, en 1876, un grand prix de 15,000 francs décerné au meilleur projet de canalisation de la rivière « Mapocho. »

M. Ellis, ingénieur américain en 1874, vice-président de la Société des ingénieurs civils des États-Unis, s'occupa pendant trente ans de grands travaux de chemin de fer et de l'amélioration de la navigation de la rivière « Connecticut. »

M. Alf. Niaudet, ancien élève de l'École polytechnique, qui, par ses travaux de télégraphie et de téléphonie, ses expériences, ses mémoires, ses livres sur les piles et les machines dynamo-électriques, s'était placé parmi les maîtres de la science de l'électricité.

Douze autres de nos collègues décédés appartenaient à la Société depuis plus de dix ans et moins de vingt ans :

M. Alph. Desprès fut conducteur de travaux aux chemins de fer du Nord et d'Orléans.

M. Mehrmann était sous-chef d'atelier au chemin de fer de l'Est.

M. Daburon travailla successivement dans le service des Études à la maison Cail et au chemin de fer de Ceinture.

M. Thibault était, en 1846, sous-chef du matériel et traction au chemin de fer de Borren, et après avoir été dans le service du mouvement et celui

du matériel aux chemins de fer Victor-Emmanuel et du Nord de l'Espagne, revint, en 1867, au chemin de fer de l'Ouest comme chef du service central du matériel et traction.

M. Tronchon, sorti de l'École centrale en 1862, a été chef de section des travaux neufs au chemin de fer Guillaume-Luxembourg, et inspecteur du matériel à la Compagnie de l'Est.

M. Pelegrin, ancien élève de l'École centrale, promotion de 1862, fut un de ces ingénieurs pionniers qui vont au loin faire estimer et respecter la France; on lui doit une installation d'huilerie à Porto, la fondation des usines à gaz de Shangaï (Chine), de Yokohama, de Tokio, au Japon, où il fut ingénieur civil du gouvernement japonais, et enfin l'exploitation d'une immense forêt de bois de campêche à Haïti, où la mort le surprit au milieu de ses travaux.

Daveluy et *Garcia*, mes deux camarades de promotion, étaient : le premier, ingénieur au chemin de fer de Paris à Lyon, et le second, ingénieur de la voie du réseau des Charentes, à Saintes, et avait été maintenu dans ces mêmes fonctions au réseau de l'État.

M. Daret-Derville avait été successivement attaché au chemin de fer du Nord, à celui de Séville à Cadix, de Séville à Huelva, et, depuis dix ans, était à Madrid ingénieur chef du secrétariat du matériel et traction de la Compagnie du Nord de l'Espagne.

M. Pierre Thomas, ancien élève de l'École centrale, s'occupa de la fabrication du plomb, de fonderies de cuivre et d'argent et de la fabrication du soufre, etc.

Il ne resta à Paris que peu de temps, et vous vous rappelez qu'il s'associa à nos travaux par de nombreuses communications pendant le siège de Paris, et qu'il fut membre du Comité en 1872.

William SIEMENS, une des illustrations de ce siècle, un des grands noms de la métallurgie et de l'électricité, dont je ne veux ici rappeler que son intervention parmi nous au Congrès du génie civil, en 1878, et à l'exposition d'électricité de 1881, lorsqu'il voulut bien, sur ma demande, inaugurer nos visites à l'exposition par ce discours fin et profond dans lequel il nous initia aux merveilles de l'électricité et nous ouvrit les larges perspectives de son avenir.

Les autres collègues que nous avons perdus appartenaient à la Société depuis plus de vingt ans.

M. Demeule, sorti de l'École centrale en 1856, après s'être occupé de construction de machines à Thann, s'installa à Elbeuf, où il professa la mécanique et la physique industrielle à l'enseignement public créé par la Société industrielle elbeuvienne.

M. Lopez Bustamente, ingénieur espagnol, sorti de l'École centrale en 1846, fut ingénieur de la voie du chemin de fer Isabelle II, d'Alar à Santander, la première ligne exploitée en Espagne. Il adressa à la Société, en 1864, une communication sur le remarquable tracé de ce chemin et les expériences de traction dans les courbes.

M. Vegni, ingénieur italien, né à Sienne et mort à Florence, sorti de l'École centrale en 1837. Dans les quarante années de sa carrière industrielle, il dirigea les mines de plomb argentifère de l'île d'Elbe, des forges, des fabriques d'instruments de précision, et professa la métallurgie à l'Institut technique de Florence.

M. *Dufournel*, ancien élève de l'École centrale, maître de forges de la Haute-Saône, dont il fut député de 1841 à 1851 et sénateur de 1876 à 1881.

M. *Letestu* père, sorti de l'École d'Angers en 1848, devint en 1857 le chef de l'établissement créé par son père pour la construction des pompes d'épuisement de tous modèles.

M. *Bréguet*, un praticien et un grand savant, qui rendit tant de services à l'industrie des chemins de fer en créant tous les types d'appareils employés dans la télégraphie.

M. *Vuillemin*, président de la Société en 1870-71 et président honoraire. Je ne puis et ne veux rien ajouter aux paroles émues qu'a prononcées M. Tresca dans notre séance du 2 février, et dans laquelle il a éloquemment défini ce que fut M. Vuillemin pendant sa carrière d'ingénieur de la traction à la Compagnie de l'Est et pendant la période de nos angoisses patriotiques en 1870, et à la Société et à la Commission du *Génie civil*.

Enfin six des membres que nous avons perdus avaient leurs noms inscrits sur nos registres depuis 1841 et qui ont été les fondateurs de notre Société, c'étaient :

Gabriel Crétin, architecte honoraire de la Compagnie de l'Ouest, qui fit partie de la Commission chargée de surveiller la construction de notre hôtel.

Mirecki, sorti en 1835 de l'École centrale, ancien directeur du chemin de fer de Varsovie à Vienne, et depuis longtemps ingénieur au chemin de fer du Nord.

Alquié, dont notre collègue, M. Contamin, vous a tracé la carrière si bien remplie.

Bergeron, était élève à l'École polytechnique en 1830, il fut plusieurs années ingénieur au chemin de fer de l'Ouest, en 1862, il s'est établi en Suisse, où il se chargea, comme entrepreneur, de l'exploitation de divers chemins, puis il fut en Angleterre le représentant du syndicat des chemins de fer français.

Dans les trois pays où il séjourna, il publia de nombreux travaux et se fit le lien entre les ingénieurs Anglais, Suisses et Français.

Chobrzynski dont le discours de M. Ferdinand Mathias, qui a été reproduit dans nos procès-verbaux, a si bien résumé les services, fut nommé membre de notre Comité en 1850, et pendant plus de trente ans vos suffrages l'y appelèrent chaque année et s'il ne fit pas partie de votre bureau, c'est que par un sentiment de modestie exagérée, il refusa toujours d'y occuper sa place.

Enfin, Messieurs, il y a peu de jours à peine, nous rendions les derniers devoirs à l'un des plus illustres de vos anciens présidents, *Yvon Villarceau*. Les représentants les plus autorisés de l'Institut, du bureau des longitudes et de l'Observatoire, ont énuméré ses magnifiques travaux. Vous me permettrez de répéter ici ce que je disais en votre nom sur sa tombe, c'est « qu'il fut l'une de nos gloires et que nous le considérions avec orgueil « comme représentant le génie civil à l'Académie des sciences. »

Vous savez Messieurs, que la situation de la Société est prospère.

Le nombre de nos membres est de 2037.

Les recettes de l'année ont été de 88,675 francs; les dépenses ont atteint 66,000 francs, d'où un excédent de 22,675 francs.

Depuis plusieurs années, nous avons ainsi un excédent d'une vingtaine de mille francs qui non seulement nous a permis de rembourser la plus grande partie de l'emprunt contracté pour la construction de notre hôtel, mais encore de former une réserve, au fonds courant, de 82,000 francs qu'augmenteraient encore les 50,000 francs du legs Giffard.

Nous sommes donc en mesure de parer à toutes les éventualités qui pourront survenir.

Notre bibliothèque s'enrichit chaque jour. Quand on a dressé le catalogue en 1878, elle comprenait 3356 ouvrages de toute nature. Le catalogue arrêté au 31 décembre 1883 accuse l'existence de 4092 ouvrages dont 705 étrangers, non compris les journaux périodiques.

Dans ce nombre sont comptés les 22 ouvrages donnés par M. Edmond Roy et 375 volumes, brochures et atlas qui viennent de nous être offerts par M. Léonce Vée et dont une grande partie provient de la bibliothèque de Victor Bois.

Le Comité a jugé utile de compléter le personnel de la Société qui ne comprenait réglementairement qu'un secrétaire-archiviste dont les attributions telles qu'elles sont définies deviennent trop nombreuses pour une seule personne, dans une Société de 2000 membres, quels que soient l'activité, le zèle et le courage de notre excellent ami M. Husquin de Rhéville.

Le Comité a donc nommé un agent spécialement chargé de la bibliothèque.

C'est à M. Benoît Duportail, ingénieur en retraite de la Compagnie de l'Ouest, l'un de nos collègues les plus anciens et les plus dévoués, que cette tâche délicate a été confiée.

M. Benoît Duportail s'est mis à l'œuvre, il a complété le Catalogue, il prend note des ouvrages qui sont demandés et qui font défaut dans notre bibliothèque, alimentée jusqu'ici uniquement par les dons de nos Sociétaires. Sur ses propositions, le Comité pourra aviser à compléter notre collection et il ne manquera plus à notre bibliothèque que des lecteurs assidus.

Nos publications sont à peu près au courant, le Bulletin de novembre va

être distribué avec l'Annuaire de 1884. Le Bulletin de décembre est sous presse.

Nos Bulletins de cette année renferment un grand nombre de mémoires intéressants et variés et sont heureusement complétés par la Chronique et les comptes rendus que notre collègue, M. A. Mallet, rédige avec tant de zèle et tant de soins.

J'ai maintenant Messieurs, à résumer ici, suivant l'usage, les communications qui nous ont été présentées cette année.

Cet exposé fait devant les Membres qui ont pour la plupart assisté à nos séances — régulièrement suivies d'ailleurs pendant tout le cours de cette année — vous paraîtra assez monotone et vous me saurez gré de le faire très rapidement.

J'ai à vous signaler d'abord, dans l'ordre des questions théoriques, une note de M. Piarron de Montdésir, sur une nouvelle démonstration du principe des vitesses virtuelles. M. Arson nous a décrit les expériences qu'il a entreprises sur la résistance des colonnes de gazomètres, et M. S. Périssé a fait connaître les résultats de ses essais sur le frottement des poutres métalliques sur les glissières et sur rouleaux. Ces résultats ont donné lieu à un échange d'observations pratiques entre MM. Périssé, Contamin et Forest.

Une note de M. E. Simon, sur les Sociétés coopératives, un travail très complet de M. Barrault sur les nouvelles conventions conclues pour la propriété industrielle, et les communications de M. G. Salomon sur l'importance de l'enseignement économique dans les écoles industrielles et sur la statistique des mineurs, témoignent de l'intérêt que portent les ingénieurs civils à toutes les questions d'économie politique et sociale.

Laissez-moi vous rappeler ici, que M. G. Salomon avait, en 1882, traité devant nous la question des associations pour la protection des ouvriers contre les accidents, et vous dire que l'appel qui terminait son exposé, a été entendu, et qu'après Mulhouse et Rouen, Paris, il y a quelques jours dans cette salle même, constituait dans ce but, une association d'industriels, sur l'initiative de notre ancien Président M. Émile Muller.

Comme exploitation des mines nous avons eu de M. Durand, une monographie sur les mines d'argent du Nevada, la communication si complète que nous a faite M. Brüll sur le transport des minerais par chaîne flottante aux mines de Dicido et la description de la Bossoyeuse de MM. Dubois et François employée pour supprimer la poudre dans les exploitations des mines de charbon à grisou, que nous a donnée M. A. Clerc.

Je cite encore en les rapprochant, en raison de l'identité des préoccupations qu'elles manifestent, les notes relatives à l'amélioration continue, ardemment poursuivie du fonctionnement économique des appareils à vapeur, les communications de notre regretté collègue Closson sur l'*épuration* des

eaux, de M. Chancerel sur le *chauffage des générateurs* à vapeur, de M. Brüll sur le résultat des *essais de vaporisation* de la chaudière de M. Dulac et enfin de MM. Auguste Normand et Burot, sur les *pompes alimentaires*.

Les industries diverses ont donné lieu aux communications de M. Burot sur la fabrication du papier de paille, de M. Casalonga sur les procédés de mouture, de MM. Mariotte frères et Boffy et de M. Appert sur l'emploi de l'air comprimé dans le soufflage et le travail du verre.

En matière de chemins de fer j'ai à vous signaler la communication de M. Mallet sur les résultats d'une application du système Compound faite par M. Borodine à des machines locomotives des chemins de fer russes; celle de M. Rey sur la construction de la voie du tramway à vapeur de Cambrai et la discussion sur les chemins à voie étroite établis en Algérie, qui eut lieu dans la séance du 15 janvier à l'occasion d'une communication antérieure de M. Fousset et dans laquelle sont intervenus MM. Hauet, Pontzen, Rey et Moreau.

J'avais appelé l'attention de la Société dans mon discours d'installation, sur la situation générale des chemins de fer qui restent à exécuter en France. Il est dangereux de faire des programmes, car le plus souvent, les questions qu'ils posent, sont justement celles qu'on ne traite pas, mais je m'empresse de déclarer que cette grave question n'est pas venue à la Société, parce qu'au bout du compte, elle se traitait ailleurs au point de vue de l'action et que nous n'avions qu'à faire silence pendant que les pouvoirs publics négociaient les conventions, premier pas dans la voie du retour aux principes d'une organisation libérale et démocratique des travaux publics que d'autres mesures devront d'ailleurs compléter.

Le transport de l'énergie par l'électricité a inspiré à M. Cabanellas une grande étude théorique, qui, suivie d'une discussion sur les expériences du chemin de fer du Nord, a permis de fixer les données précises qu'au point de vue industriel il y a à étudier et à élucider.

M. Boistel a traité la même question et nous a fait au Havre, une intéressante conférence sur l'éclairage électrique installé à bord de la *Normandie*.

Dans le deuxième semestre de l'année, nous n'avons pas eu de nouvelles communications sur les questions d'électricité, et pourtant il a été fait grand bruit autour de la question du rendement et de l'emploi des accumulateurs. Des rapports et des notes ont été publiés ailleurs, on ne nous en a pas entretenu et je ne m'en plains pas.

Il est bon que, dans certaines circonstances que je n'ai pas à définir, on s'abstienne momentanément de discuter ici, les questions qui ne sont pas posées avec une correction absolue.

Quant à moi, je suis enclin à voir dans l'abstention qui s'est produite à l'égard des accumulateurs, une marque de déférence, un réel hommage rendu à l'autorité morale de la Société (*Approbation*).

Enfin, Messieurs, les questions se rattachant aux grandes entreprises de travaux publics, ont occupé cette année un grand nombre de séances.

Vous aimez, Messieurs, ces séances, où un grand travail d'intérêt général vous est présenté avec toutes ses données, formant un ensemble grandiose et dont l'exposé est suivi d'une discussion pratique.

Malheureusement, dans l'état actuel des choses, les grandes entreprises, quoique les ressources de l'art de l'ingénieur soient plus grandes que jamais, restent plus longtemps qu'autrefois à l'état de projet.

On délibère incessamment, on agit peu et on ne conclut pas, et nous sommes et restons à cet égard dans une période de recueillement pendant laquelle nous n'avons pas autre chose à faire qu'à accumuler les documents.

Il en est ainsi du tunnel sous-marin dont notre vaillant et vénéré collègue, M. Colladon, nous a présenté la situation expectative; du tunnel du Simplon, qui a donné lieu à une fort belle étude de M. Meyer, de la mer intérieure dont le lieutenant-colonel Roudaire nous a soumis le projet discuté par MM. Hauet, Rey, Badois, etc.; et du Métropolitain de Paris, pour lequel le projet de M. Haag a ramené la discussion sur les solutions extérieures, à mon avis personnel, plus aptes à résoudre les difficultés du problème.

J'ai à vous citer encore, comme se rattachant aux questions de cet ordre, la communication de M. Sergueeff, sur le canal maritime de Saint-Pétersbourg à Cronstadt, celles de MM. Harrand et Seyrig, sur les ascenseurs hydrauliques par bateaux, l'étude de M. L. Malo sur les maçonneries asphaltiques, les notes sur le système de construction à adopter dans les régions sujettes aux tremblements de terre, de M. Pesce, et sur le feu dans les théâtres de M. Piccoli.

L'analyse fait par M. Douau, de l'ouvrage de MM. Plocq et Laroche sur les ports de commerce; les notes de M. Vial et de M. Audenet, sur la rade du Havre et les machines de la *Normandie ;* les communications faites à Anvers par MM. de Matthis, Royers, de Ridder et Hersent, ont grossi notre bagage de renseignements sur les importantes questions de la construction de l'aménagement et de l'outillage de nos ports qui pourront ultérieurement faire l'objet d'une discussion d'ensemble.

Le temps me presse, et je ne veux que vous rappeler en passant les deux voyages qu'un certain nombre d'entre vous ont fait cette année, l'un au Havre, l'autre en Belgique et en Hollande, à l'occasion de l'exposition d'Amsterdam.

Je vous ai fait connaître les résultats de ces deux excursions et je n'y veux revenir que pour insister sur la manière dont nous avons été reçus et accueillis par nos collègues de Belgique et de Hollande et par les ingénieurs de tout rang que nous avons rencontrés dans ces deux pays et pour vous rappeler que nous aurons cette année l'occasion d'acquitter notre dette d'hospitalité.

La Commission, chargée d'organiser la réception des ingénieurs belges, anciens élèves de l'École de Liège et de celle de Gand, et des ingénieurs Hollandais, et qui se compose de MM. Tresca, Jordan, Émile Trélat, Gottschalk et

de Comberousse, aura bientôt à faire appel au concours de tous, pour donner à cette réception un caractère digne de nos visiteurs et de la Société qui les reçoit.

L'ensemble des travaux de notre trente-sixième année sociale, paraît satisfaisant, et pourtant Messieurs, je me permets de ne pas vous en féliciter sans quelques réserves.

Comme je vous le disais en commençant, la plupart de vos présidents, ont, en quittant le fauteuil, laissé entendre qu'ils avaient eu quelque peine à alimenter vos ordres du jour, ou que du moins, le nombre et la nature des communications, n'avaient pas été en proportion du nombre croissant des membres.

Je retrouve la trace de ces impressions en remontant à vingt ans en arrière.

Faure, l'un de nos fondateurs, un ardent, un enthousiaste, après avoir constaté que la somme de travail fourni pendant l'année, avait été suffisante pour alimenter les séances, divisait les cinq cents ingénieurs auxquels il s'adressait en 1860, en *Muets* et en *Actifs*. Il déplorait que le nombre des membres actifs fût à peu près le même qu'à l'origine, il parlait de *défaillances*, il prononçait le mot d'*apathie*.

Et Vuigner lui succédant s'exprimait ainsi:

« A l'époque où s'est formée la Société, en 1848, il y avait parmi les membres qui ont coopéré à cette formation et qui voulaient constituer le corps du génie civil de France d'une manière forte et durable, un enthousiasme difficile à exprimer.

« On demandait alors des séances hebdomadaires, et ce n'est pas sans une vive opposition que les réunions de quinzaine ont été admises; mais le feu sacré s'est un peu trop ralenti, et bien que le nombre des sociétaires ait quintuplé depuis 1848, nos séances de quinzaine sont bien moins suivies qu'elles ne l'étaient à l'origine.

« Quelques sociétaires viennent de temps à autre consulter les documents de nos archives.

« Les communications pour les séances ne font pas défaut, mais ce sont toujours les mêmes membres qui travaillent à ces communications, comme l'ont fait observer, avec juste raison, nos deux derniers présidents en quittant le fauteuil; c'est avec une peine extrême qu'ils ont pu arriver à obtenir des mémoires des autres membres de la Société, et notamment des nouveaux élus. »

Que pensez-vous, Messieurs, de ce tableau d'il y a vingt ans? Que faudrait-il dire des 2,000 membres actuels?

Le nombre des membres *actifs* est resté à peu près le même, et c'est celui, je ne dirai pas des *muets*, mais des auditeurs et des lecteurs qui semble s'être seul accru.

Je ne veux pas cependant, comme mes prédécesseurs, vous accuser trop haut de ne pas travailler assez pour l'honneur de notre profession.

Rassurez-vous, je ne vais pas agiter les foudres de l'article 7, foudres peut-être en ce moment même impuissantes, en raison du grand nombre de coupables qu'il y aurait à frapper, et je vais plutôt, dans une certaine mesure, plaider les circonstances atténuantes.

Je voudrais en effet, Messieurs, chercher avec vous l'explication de ce phénomène assez singulier que le nombre des communications fournies reste régulièrement suffisant, mais suffisant seulement, pour alimenter nos vingt à vingt-deux séances, quoique le nombre de ceux qui en devraient faire se soit décuplé depuis la fondation de la Société.

Nos séances et nos publications constituent un réservoir de travaux dont le niveau reste constant, quel que soit l'accroissement du nombre de ceux qui pourraient l'alimenter.

N'y a-t-il pas, Messieurs, quelques déversoirs par lesquels s'écoule le trop plein?

On a souvent reproché à la Société de traiter trop exclusivement les questions de chemins de fer, sans tenir compte du grand nombre d'ingénieurs de chemins de fer qui formaient le noyau actif de la Société, et de ce que les chemins de fer constituaient une industrie nouvelle dans sa phase de création. Ces questions n'ont certes pas perdu de leur intérêt, car les chemins de fer sont dans la période des résultats acquis, des vérifications, des constatations pratiques, et pourtant nous n'avons presque plus de communications sur les chemins de fer.

C'est, Messieurs, qu'il s'est constitué, sous le nom de *Revue générale des chemins de fer*, un admirable recueil, dirigé par les ingénieurs les plus autorisés, dans lequel toutes ces questions sont traitées, et qui s'adresse à tout le personnel des chemins de fer, à un public homogène, formant avec le Comité de rédaction une sorte de Société technique des chemins de fer.

On ne nous parle plus des progrès de la fabrication du gaz, parce qu'on a, en 1871, constitué une Société technique du gaz, à la tête de laquelle sont les membres de notre Société qui s'occupent de cette fabrication, et dont font partie les administrateurs et les directeurs d'usines. Cette Société tient un congrès annuel, et toutes les communications relatives au gaz y sont apportées.

Nous avons eu ici quelques travaux sur les applications de l'électricité; mais, vous le savez, une Société internationale d'électriciens vient d'être créée, et c'est là qu'iront certainement une grande partie des travaux qui seront suscités par les progrès de cette science.

Songez, en outre, que des sociétés locales, Société industrielle de Mulhouse, Société industrielle de Rouen, de Lille, Société de l'Industrie Minérale, etc., se sont également formées et appellent à elles les travaux de ceux de nos membres qui habitent la région, et vous reconnaîtrez que l'existence de ces déversoirs ne peut pas être sans action sur le nombre des travaux qui nous parviennent.

Je ne critique certes pas ce mouvement d'expansion bien justifié par le développement de l'industrie, mais je le constate.

D'autre part, Messieurs, après une longue période d'attente, depuis quelques années la presse scientifique, technique, industrielle, est née en France.

Les annales, les revues, les journaux, les uns spéciaux, les autres d'un caractère général, les uns mensuels, d'autres hebdomadaires, se créent chaque jour.

Je me garderai bien d'en apprécier la valeur relative et d'en nommer aucun.

Je me félicite de cette activité, de ce mouvement intellectuel, de cette propagation des principes, des appareils et des travaux du génie civil; je me plais à constater que sa source est dans les travaux antérieurs de la Société, que la plupart des publications s'inspirent de ses traditions; mais il m'est bien permis d'insister sur ce fait, que leurs comités de direction comprennent des membres les plus autorisés de notre association, des anciens présidents, des membres de notre bureau et de notre Comité et que leur rédaction est, en grande partie, l'œuvre de nos jeunes collègues.

Encore une fois, je ne critique pas, je constate.

Mais, quoi qu'il en soit, sociétés spéciales et locales et journalisme technique sont évidemment des éléments nouveaux dont il faut tenir compte dans l'appréciation du travail fourni par les membres de la Société.

Ce sont, dis-je, des déversoirs par lesquels s'écoule une somme de mémoires et de communications qui n'avaient jadis qu'un seul recueil, qu'une seule tribune pour les recevoir; et voilà pourquoi, Messieurs, *votre fille est muette.*

Eh bien, n'ai-je pas le devoir, à la place que j'occupe encore pour un instant, de faire appel à tous ceux qui se laissent entraîner loin de nous, dans d'autres sociétés ou dans la presse technique, et de leur demander, non de revenir en arrière, mais de garder à la Société des Ingénieurs civils, à la sœur aînée, un souvenir plus fidèle, de ne pas l'abandonner tout à fait, ce serait de l'ingratitude, et de lui réserver ceux de leurs travaux qui ont le caractère le plus général et le plus élevé.

Ne puis-je pas dire à nos jeunes collègues, qui font bien d'exercer leur plume dans les revues et les journaux, qu'ils y apprennent à condenser leur pensée, à décrire clairement les appareils, mais que ce n'est que par des communications d'un caractère plus personnel, soumises à vos discussions, qu'ils pourront acquérir la notoriété.

En un mot, Messieurs, nous ne pouvons qu'approuver la diffusion des travaux de l'ingénieur par toutes les voies possibles; il est bon que quelques-uns d'entre nous s'écartent un instant pour propager et répandre les saines doctrines, qu'ils aillent coloniser; mais qu'ils se rappellent toujours que, pour tout le génie civil, ici est la métropole, ici est la mère patrie (*Applaudissements*).

Je termine, et, rentrant dans le rang, je vous remercie du fond du cœur de la bienveillante sympathie que vous m'avez témoignée pendant toute

cette année, et qui m'a seule permis de remplir à peu près la tâche, visiblement trop lourde pour moi, que vous m'aviez confiée.

Je n'ai plus, Messieurs, qu'à vous rappeler que, le 8 août 1880, 500 anciens élèves des écoles des Arts et Métiers accomplissaient un pieux pèlerinage à Liancourt, pour y célébrer le centenaire de la fondation de leurs écoles et honorer la mémoire du duc de Larochefoucault-Liancourt, qui eut le premier l'idée de cette fondation, base de l'enseignement professionnel en France. Celui qu'ils avaient mis à leur tête, dans cette mémorable circonstance, était l'ancien président de leur association amicale, l'habile ingénieur en chef du chemin de fer de Vincennes, le membre de la commission du génie civil, du siège de 1870, M. L. Martin, et c'est lui que je suis heureux d'avoir à installer aujourd'hui à ce fauteuil où j'eusse dû le suivre et non le précéder (*Applaudissements*).

M. Martin, prenant place au fauteuil, prononce le discours suivant:

Messieurs et chers Collègues,

Avant de prendre possession de ce fauteuil, que votre bienveillance m'appelle à occuper, j'ai à vous dire combien je suis touché de l'honneur que vous m'avez fait en me choisissant, parmi tant de collègues si dignes et bien mieux désignés que moi, pour la présidence de notre Société pendant l'année qui commence.

Votre choix, pour la constitution de votre bureau, est l'affirmation des paroles de notre cher et honoré Président sortant, M. Marché, qui, l'année dernière, lors de son installation, disait en parlant de notre institut:

« Il est largement ouvert, sans distinction d'origine, à tous les ingénieurs « qui servent la cause de cette grande force de notre démocratie moderne, « l'industrie privée. »

Vous avez voulu montrer, une fois de plus, de quel esprit de concorde et de libéralisme vous êtes animés, et faire ressortir que, tous ici, nous sommes des collègues, j'ose dire des camarades, qu'une mutuelle estime et qu'un même sentiment de confraternelle confiance rapproche.

Merci, Messieurs, merci, et pour moi et pour tous.

En ce qui me concerne, je sens les obligations que je contracte envers vous, en acceptant une position que je n'aurais osé ambitionner, et je suis confus en pensant que je me trouve désigné pour être le continuateur de l'œuvre des hommes éminents qui m'ont précédé, et qui ont pu mettre à votre service un grand savoir, une expérience consommée et le prestige de leur nom.

Vous voudrez bien excuser, s'il y a lieu, mon insuffisance que je tâcherai

de faire pardonner en apportant, à la gestion de vos affaires, mon dévouement le plus absolu.

Une Société formée, comme la nôtre, d'hommes essentiellement techniques, sans aucune attache officielle, a l'autorité nécessaire pour discuter toutes les questions qui sont du ressort de l'ingénieur.

C'est ainsi que vous avez pu le faire, avec fruit et d'une manière absolument désintéressée, pour la question si controversée du rachat des chemins de fer ; chacun de nous a encore présentes à l'esprit les observations si pratiques, les déductions si judicieuses qui nous ont été apportées et qui, à peu près toutes, étaient contraires à l'adoption d'une telle mesure.

Serait-il imprudent d'admettre que nos discussions n'ont pas été étrangères au revirement d'opinion qui s'est produit à ce sujet ?

Je ne le pense pas, et la Société peut hautement s'attribuer le mérite d'avoir élucidé la question et de l'avoir fait connaître dans ses détails.

Les faits sont venus depuis nous donner raison, et les conventions, bien qu'adoptées un peu par nécessité, confient aux Compagnies, et cela au grand avantage du crédit public et de l'industrie en général, la construction et l'exploitation des chemins de fer.

L'État ne posséderait-il pas un personnel suffisant, manquerait-il des moyens nécessaires pour mener à bien une telle entreprise?

Non certes ! Ses ingénieurs ont un grand savoir, ils sont habiles et ils jouissent d'une considération incontestable et méritée ; ses agents sont recrutés dans les milieux qui fournissent ceux des Compagnies ; les uns et les autres ont la juste autorité qu'ils tiennent et de leur expérience et de leur situation de fonctionnaires publics.

Ce qui leur manque, c'est la liberté d'action. Ils sont gênés par les exigences administratives qui se manifestent sous toutes les formes et qui, ne se prêtant pas aux solutions promptes, indispensables lorsqu'il s'agit d'affaires commerciales, paralysent parfois l'initiative individuelle et rendent stériles les efforts les plus incessants.

C'est là un mal dû, sans doute, à notre organisation bureaucratique et l'État doit renoncer au rôle d'industriel qu'on lui voulait faire prendre.

Il doit se contenter de celui de pondérateur entre les intérêts divers mis en jeu par l'industrie des transports.

Chacun de vos présidents s'efforce, à son tour, de vous communiquer l'objet principal de ses préoccupations du moment ; vous ne vous étonnerez donc pas si je viens vous entretenir, entre autres, d'un sujet resté, jusqu'alors, un peu en dehors des études de quelques-uns de vous, et qui se rattache aussi à la question des chemins de fer.

Les conventions nouvelles, entre le gouvernement et les grandes Compagnies, ne stipulant aucune modification de principe aux tarifs de transport, que les adversaires de ces Compagnies critiquent amèrement et dont ils réclament avec instance la revision, il m'a paru utile d'établir ce que

sont réellement ces tarifs, depuis si longtemps l'objet des attaques les plus vives, des critiques les plus passionnées.

Les unes et les autres portent sur deux points principaux : les modifications nombreuses apportées à l'économie des taxes et, par-dessus tout, la multiplicité des bases appliquées au calcul de ces dernières.

Les ennemis des tarifs actuels ont cru voir, dans la pratique des Compagnies, qu'ils qualifient souvent d'arbitraire, une violation des principes de liberté et d'égalité qui sont la base de notre droit social. Ils ne cessent de réclamer l'unification et la simplification de ces tarifs, et ils sont allés jusqu'à demander le rachat des chemins de fer par l'État, ce dernier ayant, d'après eux, la mission et le pouvoir de proclamer la réglementation uniforme et absolue des transports qu'ils considèrent comme le dernier mot du progrès.

L'établissement des chemins de fer, il convient de le reconnaître, a modifié profondément l'industrie des transports et cette transformation n'a pu s'opérer sans froisser des intérêts particuliers qui, les premiers, en jetant un cri de détresse, ont entraîné à leur suite les théoriciens et les utopistes, lesquels érigent le plus souvent leurs rêveries en principes et en poursuivent la réalisation au péril même de la chose publique qu'ils croient servir.

La liberté d'action des Compagnies, dans l'établissement de leurs tarifs de transport, découle du caractère de leur entreprise qui est une industrie assimilable à toute autre.

Cette liberté, par cela même, devrait être absolue; mais l'État usant du droit modérateur qui ressort pour lui de sa participation à l'entreprise, l'a circonscrite dans les limites d'un maximum fixé par le cahier des charges, tout en la consacrant par les prescriptions de l'article 45 de l'ordonnance de 1846.

En reconnaissant le caractère commercial de ces industries, il a compris que, comme toutes les autres, elles ne peuvent vivre et progresser qu'en appropriant leurs tarifs aux besoins du public et aux circonstances de temps et de lieux, c'est-à-dire en suivant le système des transactions commerciales qui se règlent sur les besoins de l'offre et de la demande débattues de gré à gré, sur l'abandon d'un droit ou d'un avantage, à l'une des parties, en échange d'un avantage ou d'un droit concédé par l'autre partie.

C'est ainsi que se préparent aujourd'hui, entre les Compagnies et le public, les tarifs de transport par chemins de fer.

L'État intervient pour affirmer l'entente; il consacre l'accord et garantit les intéressés contre des revirements trop brusques dans la tarification.

Trois facteurs entrent dans le calcul des taxes de transport :

La nature de la marchandise;
La distance;
Le poids.

La nature de la marchandise, ses dimensions, sa valeur, les risques résultant de son déplacement ont, de tout temps, différencié dans les entreprises de transport, la base à appliquer au calcul de la taxe.

Les marchandises, en effet, ne présentent pas toutes les mêmes caractères au point de vue du transport, elles n'offrent pas les mêmes difficultés de manipulation, ne demandent pas les mêmes soins, n'entraînent pas les mêmes risques.

Une marchandise dense est plus avantageuse pour le transporteur, qu'une autre d'un poids spécifique plus faible, sous le même volume; telle, est plus susceptible de s'avarier qu'une autre; telle n'a, par elle-même, qu'une valeur insignifiante et ne pourrait supporter des frais de transports élevés.

De tout temps, les entreprises de transport ont accordé un traitement différent à la marchandise, suivant la distance à parcourir par elle. Le roulage, la batellerie, le cabotage, les grandes lignes de navigation n'ont jamais appliqué de taxes proportionnelles à la distance, quelle que soit la longueur du parcours effectué.

La réduction accordée, en pareil cas, découle de ce que les frais généraux de l'entreprise n'augmentent pas proportionnellement à la distance.

Cette réduction, du reste, est réclamée par les besoins mêmes de l'industrie et du commerce. Telle matière, tel produit manquant sur un point où y faisant momentanément défaut, ne peut y arriver des lieux où il abonde que s'il bénéficie d'une certaine réduction de distance.

Sans elle, l'approvisionnement de certains centres ne se pourrait faire que dans des conditions désavantageuses, qui ne permettraient pas à la concurrence de produire le bon marché réclamé par tous.

L'importance du poids ou le tonnage de la marchandise transportée, a toujours été la cause d'une réduction de la taxe de transport.

Un expéditeur, présentant un chargement complet, bénéficie d'avantages refusés à un envoi isolé. Il en est ainsi dans toutes les transactions commerciales, et le négociant qui commande mille pièces d'étoffes à un fabricant, obtient de ce dernier des conditions avantageuses de prix qui ne sauraient être faites à l'acheteur de vingt-cinq pièces seulement de cette même étoffe.

Il n'y a dans ce procédé, rien qui choque le principe d'égalité, le même traitement étant accordé à tous ceux qu'offrent les conditions en vue desquelles il a été établi.

Les Compagnies de chemins de fer, sont des maisons de commerce, dont les tarifs, pour les services qu'elles sont appelées à rendre, sont déterminés par elles après expérience des besoins de la clientèle, à la disposition de laquelle elles se mettent.

Se substituant, par la force des choses, aux anciennes entreprises de transport, ou s'implantant à côté d'elles; en contact continuel avec ces dernières et entretenant des relations suivies avec toutes les industries, elles ne pouvaient moins faire que de suivre les errements pratiqués par les unes et par les autres.

Comment les Compagnies, mettant en pratique les principes établis par les considérations qui précèdent, ont-elles opéré pour l'établissement de leurs tarifs?

Les cahiers des charges rangent les marchandises en trois classes, avec bases de transport décroissantes de la première à la troisième. Ces bases, uniformément appliquées à chaque kilomètre parcouru, donnent des taxes kilométriques proportionnelles. C'est là le tarif maximum de ces cahiers des charges, autrement dit, le tarif général des Compagnies, auquel ces dernières ont apporté des améliorations nombreuses.

Il n'est habituellement appliqué qu'aux transports isolés, à ceux à courte distance, aux expéditions dont les auteurs, ne faisant aucune concession de délai et de garantie aux transporteurs, entendent bénéficier de tous les avantages que leur concèdent ces cahiers des charges.

Mais l'application systématique de ce tarif proportionnel, sans inconvénient pour les relations peu étendues, rendrait les transactions sinon impossibles, du moins très difficiles, pour les longues distances, en raison de l'élévation du prix total de transport qui en résulterait.

Certains produits ne pourraient se rendre de leur lieu d'origine, dans telle ou telle région qui en resterait privée.

Aussi, les Compagnies ne font-elles qu'un emploi très restreint de ces tarifs généraux, bien qu'elles aient tout d'abord opéré, en faveur du commerce, de nombreux déclassements dans la classification officielle des marchandises.

Elles y ont notamment introduit une 4e et une 5e série à bases décroissantes, en raison de la distance, avec maximum et minimum.

Enfin, elles ont admis, dans une mesure plus ou moins large, des réductions sur la distance, en d'autres termes des distances d'application. Dans ce cas, les prix sont perçus non sur la distance réelle parcourue sur rails, mais sur une distance fictive, inférieure à la première.

La réfaction faite est motivée par les circuits du tracé de la ligne qui, en desservant plusieurs points éloignés d'une direction déterminée, allongent le trajet entre deux points donnés de cette même ligne.

Cette réfaction se justifie par cette considération, qu'il ne serait pas équitable de faire supporter à la marchandise l'augmentation de parcours résultant de ces circuits.

Mais cela ne suffisait pas, et les Compagnies ont satisfait aux besoins par la création de nombreux tarifs spéciaux dont elles font un grand usage.

Diverses considérations de temps, de lieux, de mouvement du trafic, ont présidé à l'établissement de ces tarifs qui tous donnent de notables réductions sur le tarif général.

Ils prennent différents noms, suivant le but en vue duquel ils ont été adoptés.

Il y a d'abord les tarifs spéciaux proprement dits, qui s'appliquent au trafic intérieur de chaque Compagnie.

Trois systèmes ont présidé à l'économie de leurs taxes :

Celui des taxes à la distance sur bases décroissantes avec maximum ou minimum.

Celui des prix fermes de gare à gare;

Et celui des taxes à bases constantes par zones et décroissant au fur et à mesure que les distances augmentent.

Les relations des Compagnies entre elles et avec les chemins ou les pays étrangers ont amené, en outre, la création de tarifs communs entre deux ou plusieurs chemins français, ou avec des chemins étrangers.

Dans ce dernier cas, ils prennent le nom de tarifs internationaux.

Ces mêmes relations ont enfin déterminé l'établissement de tarifs d'exportation et de transit.

Les tarifs à la distance à bases décroissantes avec maximum de taxe, sont d'une application fréquente. Ils embrassent une quantité considérable de marchandises et de parcours. La base décroissante est motivée par la longueur de ces derniers. Le maximum produit une parité de taxe pour plusieurs destinations consécutives après une certaine distance.

Les tarifs à prix fermes, de gare à gare, ont été établis pour répondre aux besoins de certains centres de consommation, de certaines industries qui, ayant à s'approvisionner sur divers points, ne pourraient le faire avec les prix que donnerait l'application de la base à la distance, pour les provenances éloignées.

Ces tarifs réduits, en ouvrant des débouchés à des produits qui se consommaient sur place, ou qui étaient inutilisés faute de moyens économiques de transport, en facilitant l'arrivée de certaines matières premières sur les lieux d'emploi, ont aidé, dans une large mesure, au développement de l'industrie et à l'accroissement de la fortune publique.

L'expéditeur, placé entre deux points desservis par un tarif à prix fermes réclame, il est vrai, parce que son concurrent plus éloigné, pourra faire transporter son produit au même prix que lui, alors qu'il voudrait le voir évincé par une augmentation de taxe.

Mais le consommateur, c'est-à-dire le public en général, bénéficie de cette parité de prix, qui le met à l'abri de la spéculation, toujours prête à profiter des moindres circonstances pour amener l'élévation de la valeur des denrées et des autres produits.

Les Compagnies jouent là un rôle en accord avec le principe d'égalité, en supprimant ou en atténuant la fatalité de la distance pour celui qui est le plus éloigné.

Les tarifs à bases constantes par zones, et décroissant à mesure que la distance de parcours augmente, sont combinés de manière à produire une taxe toujours supérieure à la taxe totale de la distance inférieure.

La base kilométrique reste constante pour les premiers kilomètres, elle diminue à mesure que la distance à parcourir augmente.

C'est la formule des tarifs belges.

Elle semble être celle qui repondrait le mieux à la demande d'unification

et de simplification faite, et certaines Compagnies, pour donner satisfaction à l'opinion publique, en ont proposé l'adoption.

Elle ne saurait toutefois remplacer celle des prix fermes, qui sera toujours indispensable pour modérer, en faveur de certains parcours placés dans une situation de trafic exceptionnelle, la condition trop onéreuse que leur ferait l'application de la base kilométrique à la distance.

Les Belges, du reste, commencent à avoir recours à cette formule des prix fermes.

Les tarifs communs, d'exportation et de transit, sont des tarifs à bases ou à prix fermes, combinés entre les Compagnies françaises ou étrangères, pour le transport de certaines marchandises empruntant tout ou partie de leurs réseaux respectifs, de telle sorte qu'au regard de l'expéditeur, ces transports s'opèrent comme s'ils ne parcouraient que des lignes appartenant à une seule Compagnie ou Administration, et cela, tant pour favoriser le transport des produits nationaux à l'étranger, que pour assurer le transport, par les voies françaises, des produits étrangers destinés à l'étranger.

Les tarifs communs entre les Compagnies ont été établis pour faciliter les relations commerciales qui tendent de plus en plus à se généraliser, et cela, en vue d'affranchir le commerce et l'industrie, les particuliers eux-mêmes, des conditions spéciales qui règlent l'échange des marchandises entre deux Compagnies.

C'est au moyen des tarifs de transit que ces dernières attirent sur nos ports de mer, et en développent ainsi l'importance, des produits étrangers qui, destinés à l'étranger, sont obligés d'user sur une partie de leur parcours des voies maritimes. Elles font, avec ces tarifs, une concurrence très active aux chemins étrangers de même direction et elles attirent ainsi, sur notre pays, des capitaux qui viennent aider au développement de sa prospérité et augmenter la richesse générale.

Quant aux tarifs dits d'exportation, ils sont combinés de façon à permettre aux marchandises françaises d'aborder sans désavantage les marchés étrangers.

Faut-il abandonner tous ces tarifs, qui répondent à des besoins bien constatés, qui ont été discutés avec les parties intéressées, au fur et à mesure que se manifestaient les exigences commerciales, ces tarifs pratiques, en un mot, qui ont aidé, dans une si large mesure, au développement industriel en France et créé, sur nos voies ferrées, le mouvement si considérable que nous voyons s'y produire et cela pour leur substituer une sorte de formule scientifique qui, sans utilité et sans mesure, serait favorable aux uns, onéreuse aux autres, et qui, à l'usage, aurait pour seul mérite de mécontenter tout le monde.

Ne vaudrait-il pas mieux laisser aux Compagnies la liberté d'établir des tarifs commerciaux, c'est-à-dire qui, débattus avec les commerçants, satisferaient aux besoins au fur et à mesure qu'ils se manifesteraient, en restant toutefois dans les limites maxima fixées par le cahier des charges ?

Imposer telle ou telle forme de tarif sur un réseau ou sur des réseaux,

vouloir que telles bases perçues sur une ligne soient également appliquées sur d'autres, peut être le rêve de quelques esprits bien intentionnés, mais cela ne semble guère praticable.

Quoi qu'on dise, quoi qu'on fasse, il paraît difficile qu'on arrive à réglementer d'une manière absolue les tarifs des chemins de fer, parce qu'ils concernent des affaires purement commerciales et que le commerce ne peut vivre qu'avec des principes libéraux essentiellement variables.

Il y a là, Messieurs, un vaste champ ouvert à vos discussions et peut-être le moment est-il venu d'éclairer, comme vous l'avez fait pour le rachat et l'exploitation des chemins de fer, le public si impressionnable, si peu familiarisé avec ces sortes de questions, et qui se laisse si facilement tromper par les réclamations ignorantes des uns, ou par celles exclusivement intéressées des autres.

Si l'établissement des chemins de fer a exercé, sur le développement des transactions commerciales, une influence considérable, et si l'on doit rechercher à en étendre le réseau pour en doter certaines contrées jusqu'alors laissées en dehors de leur action, il semblerait bon de ne pas perdre de vue l'industrie des transports par voies navigables qui, elle aussi, pourrait concourir à ce développement, en permettant de réduire notablement les prix de transport de certaines marchandises encombrantes, de certains produits de valeur intrinsèque presque nulle, qui ne peuvent que difficilement trouver à s'écouler par les voies ferrées peu appropriées pour les recevoir.

Mais il serait nécessaire, pour que la navigation rendît tout son effet utile, que les canaux et les rivières qui en forment l'ensemble présentassent des dimensions et des tirants d'eau, sinon uniformes, au moins tels qu'un bateau pût parcourir de longues distances sans rompre charge.

Sur certains points du territoire des efforts ont été faits, dans ce sens, mais, sur beaucoup d'autres, il n'a rien été tenté et l'unification désirée se fera longtemps attendre.

Dans les études qui devront être entreprises pour arriver à ce résultat, il serait à désirer que, en vue des solutions faciles et promptes, les auteurs des projets cherchassent à utiliser les écluses à hautes chutes avec ascenseurs hydrauliques qui commencent à entrer dans le domaine de la pratique. Leur emploi permettrait l'allongement des biefs et supprimerait en partie les pertes de temps dues au passage, dans le système actuel, des écluses ordinaires dont la multiplicité, lorsqu'il s'agit de franchir des faîtes, est une cause de dépenses importantes et de retards.

L'outillage, pour ces sortes de transports est encore très imparfait, et, dans bien des localités, le touage par chaîne et les remorqueurs sont presque inconnus. On pratique toujours, sur une vaste échelle, le halage légendaire par les hommes ou par les chevaux qu'il serait bien à désirer de voir remplacer.

Il y a, sous ce rapport, beaucoup à faire et l'étude de ces questions, qui

relève essentiellement du domaine de l'ingénieur, mérite de faire l'objet de vos méditations; je ne saurais trop vous la recommander.

Il est une autre question qui a déjà été portée à votre ordre du jour, qui y figure même encore, je crois, et qui mérite toute votre attention.

C'est celle du métropolitain parisien.

Il est incontestable que plusieurs des grandes artères de Paris sont devenues insuffisantes pour satisfaire aux besoins d'une circulation toujours croissante. Sur certains points et à certaines heures du jour, le nombre des voitures est tel que leur mouvement est momentanément suspendu, et que ce n'est pas sans danger que les piétons peuvent traverser l'obstacle qu'elles présentent aux passants.

Une telle situation ne saurait se continuer et il devient indispensable qu'on l'améliore par un doublement des voies obstruées.

Dans quelles conditions doit être opéré ce doublement ?

Convient-il de le faire dans le même plan, c'est-à-dire, en ouvrant à peu de distance et sensiblement dans la même direction, de nouvelles rues, de nouveaux boulevards qui enlèveraient une partie de leur circulation aux voies surchargées ?

Certaines personnes pensent que ce serait la meilleure des solutions, et vous avez entendu ici notre collègue, M. Chrétien, auteur cependant d'un projet de tramway aérien, et notre ancien président, mon ami Richard, soutenir ce système.

Ils ne reculent pas devant les difficultés de l'entreprise et l'importance de la dépense.

Ils estiment que l'hygiène publique trouverait son compte à des trouées faites dans de vieux quartiers aux maisons sombres et malsaines, dans lesquels elles apporteraient l'air et la lumière.

Ils pensent que des opérations de voirie bien comprises, dans ce sens, non seulement donneraient le remède au mal, mais seraient pour la ville de Paris et pour les habitants, une opération fructueuse.

Il en résulterait, il est vrai, quelque trouble parmi la population parisienne atteinte, mais ils croient que le malaise qui suivrait serait très passager, et que les conséquences n'en seraient pas plus à craindre que celles qui sont résultées de l'ouverture des grandes voies nouvelles, dont tout le monde se trouve si bien.

Ce doublement, au contraire, doit-il se faire dans un plan différent, soit aérien, soit souterrain ?

Différents projets de chemins aériens ont été proposés; les uns, et parmi eux ceux de nos collègues Faliès et Chrétien, supposent l'établissement, sur la voie même à doubler ou sur ses dépendances, d'un viaduc formé de colonnes métalliques plus ou moins espacées supportant un tablier mixte, en métal et maçonnerie, le tout portant des voies ferrées à petit écartement pour servir à la circulation de trains appropriés en conséquence au transport des voyageurs.

Ce système ne résoudrait qu'imparfaitement le problème, en ce sens

que s'il donne aux piétons un nouveau moyen de circulation, il ne remédie pas aux inconvénients résultant de la présence, sur les chaussées, des nombreuses voitures de charges et autres qui les encombrent.

M. Heuzé, architecte, et M. Haag, ingénieur des ponts et chaussées proposent, eux aussi, l'établissement d'un chemin de fer aérien, mais ils le placeraient au centre de larges voies nouvelles, à ouvrir dans des directions déterminées.

Le premier ferait reposer la voie ferrée sur un viaduc en fer et maçonnerie qui servirait de passage couvert pour les piétons. Le sol de ce passage s'étendrait sur une certaine largeur à droite et à gauche et serait bordé, sur chaque rive, de maisons d'habitation auxquelles les voitures ne pourraient accéder que par les rues voisines.

Cette opération conduirait à ouvrir, en vue seulement d'assurer, dans certaines directions, la circulation des piétons, des percées de 13 mètres de largeur à travers des quartiers plus ou moins couverts de constructions. Il n'y aurait là qu'une partie du problème résolue.

M. Haag procède de même, mais, plus hardi, il donne aux percées l'emprise nécessaire pour établir au centre un viaduc en maçonnerie, dans le genre de celui du chemin de fer de Vincennes, dont la partie inférieure serait convenablement appropriée pour recevoir des boutiques et des magasins. A droite et à gauche, une chaussée, bordée de maisons, faciliterait la circulation des voitures, et l'ensemble constituerait un système de deux rues parallèles séparées par une levée de chemin de fer dans toutes les parties du tracé, maintenues, comme dans le type Heuzé, au-dessus du sol.

Ce projet résoudrait bien la question au double point de vue des facilités à donner à la circulation des voitures et des piétons; mais il ne serait réalisable qu'en effectuant une vaste opération de voirie, nécessitant des percées de 30 mètres au minimum de largeur dans Paris.

La ligne souterraine ne présenterait pas les inconvénients des systèmes précédents. Point d'obstacles sur les voies de circulation, dont la perspective serait conservée; pas ou peu d'opérations de voirie; gêne relative pendant la construction des travaux; pas d'acquisition importantes de terrains; pas de déplacements d'industries; quelques indemnités seulement.

Mais si l'on considère la nature du sous-sol dans lequel un souterrain à grande section comme celui nécessaire, devrait être établi et les difficultés qui en résulteraient; les nombreux travaux de consolidation qui seraient la conséquence de cette exécution à proximité des propriétés bâties; les modifications qui devraient être apportées aux égouts et aux conduites de toutes sortes rencontrés; on est amené à se demander si la grandeur de l'œuvre et la dépense considérable qui s'ensuivrait ne seraient pas hors de proportion avec les résultats à atteindre.

Le métropolitain souterrain résoudrait bien, en partie, les difficultés, en ce qui concerne la circulation des piétons, mais il n'apporterait pas une

amélioration sensible à la situation due à l'encombrement produit par le mouvement des voitures.

Il y a lieu d'ajouter que le Parisien se résoudrait difficilement à emprunter la voie souterraine pour faire ses courses et il continuerait, comme par le passé, à faire usage des voitures et surtout des omnibus et des tramways qui le transportent si agréablement et si facilement d'un lieu à un autre.

Au point de vue financier, il est à craindre que l'affaire ne donne pas des résultats satisfaisants et, bien que l'on parle beaucoup du métropolitain, il n'apparaît pas que les idées se fixent à son sujet et il est à craindre que le *statu quo* se prolonge encore longtemps.

Les choses ne peuvent cependant se continuer de la sorte ; il faut qu'une détermination soit prise et il appartient peut-être à la Société des Ingénieurs civils de fixer les idées sur ce qu'il convient de faire.

Messieurs, je termine, d'autant que je n'ai point eu la prétention, et pour cause, de vous faire un discours, ni de tracer un programme pour vos discussions futures.

Je n'ai eu en vue que d'appeler votre attention sur des points qui me paraissent mériter tout particulièrement votre intérêt et qu'il importerait de voir traiter ici avec l'autorité qui s'attache à vos délibérations.

Vous saurez trouver d'autres motifs d'étude et je compte sur vous tous pour donner à nos séances, l'intérêt qu'elles doivent recevoir du mérite et de la variété des sujets traités.

Je ne saurais achever, toutefois, sans vous proposer un vote de remerciement à l'honorable président que je remplace, à M. Marché, dont vous avez pu apprécier le zèle et le dévouement pour la gestion des affaires de la Société, et qui a si excellemment organisé et dirigé deux excursions dont les sociétaires, qui en ont fait partie, ont tiré grand profit.

Tous ont souvenir des marques de sympathie qui leur ont été données et ils n'oublieront pas la large hospitalité qu'ils ont reçue, tant en Belgique qu'en Hollande, des industriels et des ingénieurs de ces deux pays.

Nous comptons qu'il nous sera possible de montrer, aux uns et aux autres de ces derniers, que leur bonne réception a laissé trace dans nos cœurs et nous serons heureux de renouer, sur le sol de notre pays, des relations amicales aussi bien commencées.

Les procès-verbaux des séances des 7 et 21 décembre sont approuvés.

M. le Président fait part du décès de MM. Yvon Villarceau et Lasson.

Il annonce également la nomination de M. de Bocandé comme chevalier de la Légion d'honneur, et celle de M. Huguet comme commandeur de l'ordre Militaire de la conception de Villaviciosa de Portugal.

MM. Barbet, Burgaleta, Causel, Chouanard, Debaecker, Furno, Hiero-

nymi, Hortsmann, Kalff, Meynier, Rolin, Rühle Von Liliemtern, Sabatier, Sarasin et Stous Sloot ont été reçus membres sociétaires et M. Clermont membre honoraire.

La séance est levée à 10 heures et quart.

Séance du 18 Janvier 1884.

Présidence de M. Louis Martin.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 4 janvier est adopté.

M. le Président annonce le décès de M. Hallauer, ingénieur de la maison Hartmann et fils. Il annonce également la nomination de M. Boutmy Charles comme chevalier de l'ordre du Nicham et celle de M. Lambert Léon comme officier d'Académie.

La Société a recu de M. Bresson, membre de la Société, un mémoire sur l'état actuel de la métallurgie du fer et de l'acier en Autriche-Hongrie. M. Jordan a bien voulu se charger de faire un résumé de cette communication fort intéressante qui sera présenté dans la prochaine séance.

M. le Président rappelle que M. Ferdinand Mathias avait fait part, dans une lettre lue à la dernière séance du Comité, de ses regrets de ne pouvoir accepter les fonctions de membre du Comité; il remercie la Société d'avoir bien voulu jeter les yeux sur lui, mais il est Président de la Société industrielle de Lille, dont les réunions ont lieu également le vendredi, et cet honneur, auquel il n'a pu se soustraire, ne lui permet pas de répondre au choix de ses collègues. M. le Président ouvre donc le vote pour l'élection d'un nouveau membre du Comité en remplacement de M. Mathias, démissionnaire.

Le résultat du vote, proclamé à la fin de la séance, a été le suivant:

Nombre de votants: 66.

M. Desgrange, a obtenu 46 voix.

En conséquence, M. Desgrange est élu membre du Comité pour l'année 1884.

M. Périssé a la parole pour sa communication sur *l'emploi de l'acier dans les constructions navales, civiles et mécaniques*. (Voir le Mémoire page ci-contre.)

M. le Président remercie M. Périssé de sa très intéressante communication Il donne la parole à M. Canovetti, qui a traité le même sujet en se plaçant à un point de vue particulier, et dit que la discussion pourra utilement s'ouvrir, dans une séance ultérieure, sur ces deux sujets simultanément, lorsque le compte rendu en aura été imprimé dans les procès-verbaux.

M. Canovetti, après l'exposé général de M. Périssé, se propose d'insister seulement sur la partie économique de la question ; il la divise en trois parties.

M. le Président remercie M. Canovetti de son intéressante communication qui sera, comme celle de M. Périssé, insérée *in extenso* dans le bulletin. (Voir page 108.)

Messieurs Durey, Jullin, Lefèbvre et Nigou, ont été admis membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures et quart.

DE L'EMPLOI DE L'ACIER

DANS LES CONSTRUCTIONS

NAVALES, CIVILES ET MÉCANIQUES

PAR M. **S. PÉRISSÉ**

Je viens, Messieurs et chers collègues, tenir l'engagement que j'ai pris dans la séance du 6 avril dernier, de vous apporter quelques documents sur l'emploi de l'acier dans les constructions.

J'avais craint que, d'un passage de l'allocution de M. le Président sur le voyage du Havre, on pût conclure que les forges françaises ne pouvaient pas, aussi bien que celles de l'Angleterre, fournir l'acier destiné aux coques, aux membrures, aux chaudières et aux arbres des grands navires.

La lecture de cette bien intéressante allocution est venue me démontrer que mes craintes n'étaient pas fondées; telle n'avait pas été la pensée de notre Président, je ne regrette pas néanmoins de m'être mépris, puisque l'occasion m'est offerte de prendre de nouveau la parole devant la Société et de lui communiquer, en les résumant, les renseignements que j'ai recueillis depuis quelques années sur l'emploi de l'acier.

Je ne m'occuperai pas dans ma communication des procédés métallurgiques pour la fabrication de l'acier, mais seulement de son emploi dans les constructions.

Je traiterai donc seulement des applications pour lesquelles l'acier a besoin de subir une mise en œuvre, c'est-à-dire un certain travail indépendant de celui qu'il reçoit dans l'usine métallurgique; celle-ci livre le métal à l'état de barres laminées ou martelées, ou bien à l'état de lingots ou autres pièces coulées.

Cela revient à dire que je ne m'occuperai pas des rails; ils se font

aujourd'hui presque exclusivement en acier et ils constituent l'application la plus importante du métal fondu, puisque, sur 454,000 tonnes de production totale d'acier en France, pour 1882, la production en rails d'acier entre pour 332,000 tonnes, c'est-à-dire pour les trois quarts.

Je laisserai aussi de côté les applications aux engins de guerre tels que canons, cuirasses, projectiles, etc., pour ne parler que de l'emploi de l'acier dans les constructions savoir :

DANS LES CONSTRUCTIONS NAVALES.

DANS LES CONSTRUCTIONS CIVILES.

POUR LA FABRICATION DES PIÈCES DE MACHINES.

POUR LA FABRICATION DES CHAUDIÈRES A VAPEUR.

Je donne la première place aux constructions navales parce qu'elles constituent la plus grande application de l'acier moderne.

CHAPITRE PREMIER

CONSTRUCTIONS NAVALES

Nous examinerons successivement les quatre points suivants :

1° Historique de l'emploi de l'acier ;
2° Qualité du métal ;
3° Mode de travail et de mise en œuvre ;
4° Avantages des coques en acier.

I. — HISTORIQUE DE L'EMPLOI DE L'ACIER.

Cet historique ne présente de l'intérêt que pour l'Angleterre qui a pris l'initiative de l'emploi de l'acier dans la construction des coques de navires, et que pour la France qui a eu l'honneur et le mérite d'avoir réussi la première dans la substitution de l'acier doux au fer pour la construction des coques de ses bâtiments de guerre.

L'emploi de l'acier dans les constructions navales a été tenté en Angleterre, vers 1860. M. Ravenhill (Mémoire lu le 6 avril 1881 à l'*Institut of Naval architects*) a dit ceci en ce qui concerne l'Angleterre :

« C'est en 1859, pour la première fois, que l'acier, bien que le métal fût très différent de celui dont on se sert aujourd'hui, fut employé et avec succès, par la marine marchande pour la coque des navires de dimensions moyennes. Le *Jason* de 452 tonneaux, fut construit par MM. Samuda frères, pour le service de la mer Noire. En 1860 et 1861, se construisirent également pour le compte de la Compagnie du chemin de fer London Chatam Dover, les cinq paquebots-poste bien connus : *Samphire*, *Maid of Kend*, *Scud*, *Foam* et *Pétrel*. »

Nous remarquons que ces paquebots, faisant le service du Pas-de-Calais, étaient de très petit tonnage.

M. Ravenhill nous montre ensuite l'Amirauté adoptant l'acier pour

la construction du *Bellérophon* en 1863 ; il rappelle le mémoire dans lequel, en 1875, M. Barnaby mettait les métallurgistes en demeure de lui fournir des matières de qualité convenable et les résultats satisfaisants donnés par l'*Iris*. Mais, en somme, l'emploi de l'acier n'a pris en Angleterre un certain développement qu'à partir des dernières années.

On peut en juger par les chiffres suivants, cités par M. Ravenbill, en 1881 :

Navires construits en acier ; classés par le *Lloyd.*

ANNÉES.	Navires à vapeur.		Navires à voiles.	
	Nombre.	Tonnage.	Nombre.	Tonnage.
1878......	5	2,929t	»	»
1879......	6	12,473	1	1,700t
1880......	17	27,815	1	1,245
En construction au 31 décembre 1880.	34	111,467	2	1,760

« A l'heure actuelle, en 1881, dit M. Ravenhill, l'emploi de l'acier, aussi bien pour chaudières que pour coques, n'est plus limité que par les moyens de production existants. »

En 1882, dit M. Parker, ingénieur en chef du Lloyd's Register, « il n'y a pas eu moins de 73 grands steamers construits en acier. En janvier 1883, ajoute-t-il, 116 steamers étaient en construction. » (Voir le dernier mémoire de M. Parker lu à l'Iron and steel Institute le 9 mai 1883.)

Les insuccès du début sont uniquement attribuables à l'emploi de matières trop dures, trop peu ductiles. Les ingénieurs maritimes n'avaient pas à leur disposition l'acier doux qui est la seule matière convenable pour les constructions navales. Plus tard, lors de l'apparition du nouveau métal, ils n'ont pas compris d'abord que ses qualités les plus précieuses étaient celles précisément que l'on n'avait pas rencontrées jusqu'alors dans l'acier.

Si l'acier a trouvé enfin en Angleterre la faveur à laquelle il a droit, cela n'a pas été sans difficultés et sans longs débats. Là, comme partout

du reste, ce qui a empêché la lumière de se faire rapidement, ce qui a fait le plus de tort aux produits nouveaux, c'est que sous la désignation générale d'*acier* on a fabriqué et employé des matières présentant des propriétés essentiellement différentes, sans s'en rendre suffisamment compte.

La dénomination identique a amené une confusion qui a trop duré et qui a amené une perturbation, un découragement dans l'esprit des constructeurs qui n'avaient pas hésité d'abord à entrer dans la nouvelle voie et qui s'étaient rebutés à la suite d'insuccès alors inexpliqués.

Il y avait aussi une école à faire pour les métallurgistes et pour les constructeurs ; il s'agissait pour les uns, d'arriver à produire d'une façon sûre les qualités exigibles, pour les autres d'apprendre à donner au travail de l'acier tous les soins convenables. Cette école est loin d'avoir été faite en Angleterre avec la méthode nécessaire, aussi a-t-elle été fort longue. On n'a, pour s'en convaincre, qu'à lire les discussions des sociétés techniques anglaises dans ces dernières années. De là les hésitations qui ont été quelquefois constatées chez certains constructeurs anglais timorés.

On peut dire qu'en Angleterre il y a eu deux périodes dans l'emploi de l'acier pour les constructions navales. La première, datant de 1860 environ, pendant laquelle l'emploi de l'acier fut très limité, ne donna que des résultats médiocres par suite de conditions irrationnelles de production et d'emploi. La deuxième date de 1875, et ce n'est qu'après la connaissance des résultats extrêmement favorables obtenus en France dès le début, que les Anglais entrèrent enfin dans la voie normale et purent développer sérieusement l'emploi de l'acier. Les chiffres donnés ci-dessus en témoignent et nous allons prouver que cette deuxième période eut une origine absolument française.

En France, la marche a été beaucoup plus sûre et le succès complet a été obtenu plus rapidement qu'en Angleterre, cela a été constaté par les Anglais eux-mêmes.

En mars 1875, M. Barnaby, directeur des constructions navales de la marine royale anglaise et vice-président de l'Institute of Naval Architects, faisait une communication à cette société, sur « le fer et l'acier dans la construction des navires. » Dans cette communication, M. Barnaby constate qu'en octobre 1874 l'amiral sir William Stewart et lui, ont eu l'occasion de voir par eux-mêmes et d'étudier de près

l'emploi de l'acier dans les chantiers de la Marine française à Lorient et à Brest. Il déclare que, non seulement les matières employées en France sont d'excellente qualité, mais que « l'emploi de l'acier s'y développe avec une confiance raisonnée plus grande que celle que l'on a pour ce métal en Angleterre. » Il ajoutait : « ce n'est point là un reproche que j'adresse aux *navals architects ;* c'est aux producteurs d'acier que je m'adresse parce qu'ils sont très en retard sur les métallurgistes français. »

Dans le grand cuirassé français *le Redoutable* en construction à Lorient en 1874, M. Barnaby dit que l'acier est employé pour le bordé intérieur, les membrures, le cuirassement du pont, les cloisons, les plaques d'appui de la cuirasse. Il n'y a que le bordé extérieur et les rivets qui, dans ce navire, ne soient pas en acier.

Deux autres cuirassés, dit M. Barnaby, *le Tonnerre* et *la Tempête,* étaient en construction à Brest et à Lorient. Ces deux navires garde-côtes, dont les projets ont été faits par l'ingénieur qui a étudié le *Redoutable* comportent l'emploi de l'acier dans les mêmes conditions que pour le *Redoutable.*

A l'époque de sa visite, en octobre 1874, M. Barnaby constata qu'en France, pour ces trois navires, 600 tonnes de tôles Bessemer ou Martin-Siemens ont été déjà employées, et environ 12,000 mètres de profilés d'acier ont été déjà mis en place.

M. Barnaby termine sa communication en remerciant M. le directeur des constructions navales de Bussy, l'auteur des trois navires cités, de l'obligeance mise à le renseigner. Il cite l'ouvrage de M. Barba, sur l'emploi de l'acier dans les constructions navales comme contenant les règles suivies à Lorient et à Brest, règles établies après les expériences de MM. Barba et Godron, ingénieurs des constructions navales, les seconds de M. le directeur de Bussy.

Ce sont ces règles que M. Barnaby a fait connaître dans sa communication.

Il est donc hors de doute que c'est à la Marine française que revient le mérite d'avoir devancé toutes les autres marines dans l'application de l'acier à la construction des coques des navires de guerre C'est sur la proposition de M. de Bussy, ingénieur de la marine à Lorient (rapport du 9 avril 1872), que l'administration française décida de construire en acier, (sauf le bordé extérieur), le *Redoutable,* cuirassé de premier rang, de $92^{m},10$ de longueur à la flottaison en charge, et de

19m,36 de largeur du maître couple à la flottaison, avec un poids de coque de 3,845 tonnes, matelas en teak compris, mais non compris la cuirasse.

C'était donc une première application très importante que la Marine n'hésitait pas à tenter. Mais le nouveau métal n'était pas pour elle inconnu. Il venait de faire l'objet d'un rapport de deux ingénieurs envoyés à l'usine de Terre-Noire à la suite de circonstances assez curieuses à connaître.

Le 1er août 1870, les usines de Terre-Noire furent adjudicataires au port de Lorient d'un marché de 80 tonnes de tôles et cornières, *en fer supérieur*. Voulant obliger les ingénieurs des constructions navales à examiner de près les qualités du métal fondu qu'elles étaient arrivées à produire régulièrement, les usines de Terre-Noire prirent le parti de livrer, en *acier Bessemer doux*, les tôles et cornières qui étaient demandées en fer supérieur.

Il s'éleva, à cette occasion, un gros débat entre la Marine et les usines ; les produits furent tout d'abord refusés ; on déclara qu'on n'en voulait à aucun prix ; qu'on avait acheté du fer et non de l'acier. Mais, sur les instances de M. de Bussy, la question fut reprise et finit par aboutir à l'acceptation des produits fondus pour être appliqués aux constructions navales.

L'usine de Terre-Noire était déjà expérimentée dans la fabrication nouvelle des aciers doux. Les premiers essais remontaient à l'année 1865, dans laquelle, sur les indications de M. Bessemer, la Compagnie de Terre-Noire était entrée en rapports avec M. Henderson pour la fabrication des alliages riches en manganèse, sans lesquels la fabrication de l'acier doux est pratiquement impossible. A l'Exposition universelle de 1867, la Compagnie présentait au jury diverses qualités d'acier, depuis le métal très dur, prenant énergiquement la trempe, jusqu'au métal assez doux pour être soudant. En 1868 et 1869, grâce à la fabrication du ferro-manganèse riche, par l'emploi du four Siemens-Martin, l'usine de Terre-Noire entrait sérieusement dans la fabrication des aciers doux, sous toutes formes, et notamment sous forme de tôles destinées aux chaudières de bateaux transatlantiques. Enfin, en 1870, des échantillons de tôles d'acier étaient envoyés en Angleterre au savant M. Fairbain, lequel déclarait que, sous le rapport de la ductilité et de la facilité d'allongement, il ne connaissait rien de comparable dans aucune autre usine.

MM. Schneider et C[ie], du Creuzot, s'étaient mis, de leur côté, résolument à l'œuvre pour la production des aciers doux, de sorte que, le 10 mars 1873, la fourniture des tôles, cornières et barres profilées en acier, nécessaire à la construction des trois cuirassés *Redoutable*, *Tonnerre* et *Tempête*, fut partagée entre l'usine de Terre-Noire et l'usine du Creuzot.

Depuis cette époque, 1874, tous les navires de guerre construits en France par la Marine de l'État l'ont été en acier, dans les mêmes conditions que les trois navires précités. Cet acier moderne, c'est du fer fondu ayant un état moléculaire différent de celui du fer, et des propriétés différentes de celles que l'on connaissait, tant pour le fer que pour l'acier ancien prenant la trempe.

Les conditions de réception de l'acier en France sont précisées dans la circulaire officielle de la Marine, en date du 11 mai 1876. Cette circulaire a consacré, en les modifiant légèrement dans le sens de la douceur, les exigences formulées dans le cahier des conditions particulières annexées aux marchés de mars 1873.

Il est donc établi qu'en France l'emploi de la tôle et des profilés d'acier, en marine, est considérable, et qu'il s'est fait plus tôt qu'en Angleterre dans des conditions rationnelles de production et d'emploi.

Voici d'après le *Bulletin du comité des forges*, la production des tôles d'acier en France dans ces cinq dernières années :

1878	10,324	tonnes. (?)
1879	14,934	—
1880	18,558	—
1881	18,410	—
1882	21,340	—

Nous ne trouvons pas, dans les documents statistiques dont nous avons eu connaissance, des renseignements sur la production des profilés d'acier en France ; ils sont confondus avec les barres d'acier marchand de toutes provenances.

Le tableau ci-après donne, dans le cas particulier de la grande usine du Creuzot, le tonnage annuel de tôles et profilés d'acier livré depuis 1870 : 1° directement à la Marine de l'État ; 2° à des constructeurs particuliers, pour la Marine de l'État ; 3° à des marines d'États étrangers ou à l'industrie privée.

Aciers pour constructions navales.

ANNÉES	FOURNITURES POUR LA MARINE FRANÇAISE				FOURNITURES POUR LES MARINES ÉTRANGÈRES OU A L'INDUSTRIE PRIVÉE		TOTAUX
	TÔLES POUR COQUES		BARRES				
	aux ports	aux constructeurs	aux ports	aux constructeurs	Tôles	Barres	
	T.	T.	T.	T.	T.	T.	T.
1870	»	»	»	»	12	27	39
1871	»	»	»	»	34	39	73
1872	70	»	20	»	»	93	183
1873	787	28	640	3	»	»	1,458
1874	1,029	2	518	1	804	787	3,141
1875	1,460	31	410	1	506	392	2,800
1876	1,202	304	104	154	1,511	977	4,252
1877	360	192	48	44	3,814	1,586	6,044
1878	714	219	250	10	1,296	1,084	3,573
1879	3,988	146	771	20	»	753	5,678
1880	1,520	89	619	11	1,005	1,352	4,602
1881	92	192	245	91	3,752	2,197	6,569
1882	326	898	1,112	306	1,531	1,643	5,816
	11,554	2,101	4,737	641	14,265	10,930	44,228

Les autres aciéries françaises qui font des tôles ou des profilés pour la Marine sont :

La Compagnie de Terre-Noire, la Compagnie de la Marine et des Chemins de fer à Saint-Chamond, la Compagnie des Aciéries de Saint-Étienne, la Compagnie de Chatillon-Commentry, la Société de Denain et enfin la nouvelle Société de Saint-Nazaire.

II. — QUALITÉ DU MÉTAL.

La qualité du métal convenable pour les constructions navales, se trouve parfaitement définie par les conditions de réception des tôles, des cornières et des barres profilées, précisées dans la circulaire ministérielle du 11 mai 1876. Chacun peut recourir à cette circulaire pour connaître ces conditions ; nous allons néanmoins les résumer.

Les conditions ne sont pas les mêmes, suivant qu'il s'agit de tôles d'acier ou suivant qu'il s'agit de cornières ou de barres profilées.

Tôles.

Pour s'assurer de la qualité des tôles d'acier, il est fait trois sortes d'épreuves : des épreuves à froid, des épreuves à chaud et des essais de trempe.

Les *épreuves à froid* déterminent la résistance à la rupture et la faculté d'allongement du métal, tant dans le sens du laminage que dans le sens perpendiculaire. — La barrette d'épreuve (non recuite) a une section rectangulaire de 30 millimètres de largeur sur une épaisseur égale à l'épaisseur de la tôle ; la longueur de la partie prismatique est toujours exactement de 200 millimètres.

La charge moyenne de rupture par millimètre carré de la section primitive et l'allongement final moyen, doivent donner les chiffres minimum suivants.

La charge initiale maintenue pendant cinq minutes est déterminée de façon à produire un effort de traction égal aux 8 dixièmes de l'effort de rupture minimum.

Pour tôles de coques de 6 à 20 millimètres d'épaisseur dans le sens de la moindre résistance :

Charge.	45 kilog. par millimètre carré.
Allongement	20 pour 100.

Pour bandes et couvre-joints de 6 à 16 millimètres d'épaisseur:

Charge en long	48 kilog.	
— en travers	44	
Allongement en long	22	pour 100.
— en travers	18	—

Pour les tôles plus minces la résistance minimum augmente et l'allongement diminue. Quant aux tôles plus épaisses, au-dessus de 20 millimètres, la charge n'est plus que de 44 kilogrammes, mais l'allongement de 20 pour 100 reste le même.

Les *essais à chaud* consistent à exécuter avec un morceau de tôle une calotte hémisphérique avec bord plat conservé dans le plan primitif de la tôle. Le diamètre de la demi-sphère, mesuré intérieurement,

est égal à 40 fois l'épaisseur de la tôle, et le bord plat circulaire a pour largeur 10 fois cette épaisseur.

En outre, pour les tôles de plus de 5 millimètres d'épaisseur, il est confectionné une cuve à base carrée, à bords relevés d'équerre ; la base de la cuve ayant 30 fois l'épaisseur et les bords 10 fois cette épaisseur.

Les pièces ainsi exécutées avec toutes les précautions qu'exige le travail de l'acier ne devront présenter ni gerçures ni fentes.

Les *essais de trempe* sont faits avec des barreaux de 26 centimètres de longueur et 4 centimètres de largeur, pris tant en long qu'en travers. Chauffé uniformément au rouge cerise un peu sombre, puis trempés dans de l'eau à 28°, ils doivent pouvoir prendre sous l'action de la presse, sans présenter des traces de rupture, une courbure permanente dont le rayon minimum mesuré intérieurement ne doit pas être supérieur à l'épaisseur du barreau.

Les barreaux ne doivent pas avoir leurs rives longitudinales arrondies ; on tolère seulement que l'acuité des angles soit enlevée à la lime douce.

Barres profilées.

Il est fait aussi trois séries d'épreuves.

Les *épreuves à froid* se font avec des barrettes de mêmes dimensions que pour les tôles, mais prises seulement dans le sens du laminage.

Les charges moyennes de rupture et les allongements correspondants sont donnés par les chiffres suivants :

Pour cornières, barres à simple T.

Charge minima	48 kilog.
Allongement.	22 pour 100.

Pour barres à double T.

Charge minima	46 kilog.
Allongement	18 pour 100.

Les *essais à chaud* consistent pour les cornières, à prendre un bout et à faire un manchon tel qu'une des branches de la cornière restant dans son plan, l'autre branche forme un cylindre d'un diamètre inté-

térieur égal à trois fois et demie la largeur de la branche. Un autre bout coupé dans une autre barre sera ouvert jusqu'à ce que les deux faces intérieures soient sensiblement dans le même plan. Enfin un troisième bout sera fermé jusqu'à ce que les deux branches arrivent au contact.

Les cornières soumises à ces épreuves ne doivent présenter ni criques, ni gerçures, ni fentes.

Pour les barres à simple T, les essais présentent de l'analogie.

Les barres à double T sont soumises à l'épreuve consistant à fendre à lame centrale, à percer un trou à l'extrémité de cette fente et à ployer une des branches de manière à l'amener sensiblement à 45 degrés de l'autre.

Les *essais de trempe* sur les profilés sont les mêmes que sur les tôles, avec cette seule différence que le rayon de courbure ne doit pas être supérieur à une fois et demie l'épaisseur du barreau.

Ces conditions qui sont imposées par la circulaire de 1876, sont depuis plusieurs années obtenues à coup sûr par les fabricants. Les essais auxquels les matières sont soumises aux usines par les soins des contrôleurs de la Marine démontrent la parfaite uniformité et l'homogénéité des produits. La proportion des rebuts a été toujours en diminuant et, depuis deux ou trois ans, elle est devenue presque nulle.

Les métallurgistes sont tellement maîtres de produire la qualité cherchée qu'ils se sont rapprochés de plus en plus du minimum de résistance et d'allongement, sans le dépasser. La condition la plus difficile à remplir, c'est l'absence de trempe, surtout pour les tôles de chaudières dont nous indiquerons plus loin les essais de trempe fort rigoureux.

Mais un point important qu'on ne saurait trop répéter, c'est que, depuis quelques années, toutes les aciéries fournissent à la marine des produits présentant une constance de qualité et une homogénéité parfaites, quel que soit le procédé de fabrication, Bessemer ou Martin-Siemens.

Néanmoins, c'est avec le dernier procédé que l'on obtient plus facilement et plus sûrement les aciers extradoux, exempts de piqûres et de pailles à la surface. Lorsqu'on fait des aciers très doux au convertisseur Bessemer, il faut pousser très loin l'opération pour chasser le silicium ou employer des fontes peu siliciées, c'est-à-dire peu chaudes.

Il en résulte des coulées relativement froides et des soufflures de surface beaucoup plus nombreuses que celles des lingots fabriqués sur la sole d'un four Siemens-Martin. Ce sont ces soufflures de surface qui donnent aux produits Bessemer des petites piqûres, des petites pailles qui leur donnent très souvent un moins bel aspect que les tôles obtenues par le procédé Martin.

La Marine française, depuis le commencement de cette année, a fait un pas vers la plus grande douceur des tôles entrant dans la construction des coques. Par deux dépêches ministérielles de décembre 1882 et de janvier 1883, elle a spécifié que les tôles et barres profilées, nécessaires pour la construction des derniers bâtiments mis en chantier (deux cuirassés d'escadre), *le Brennus* et *le Charles-Martel*, et quatre torpilleurs éclaireurs *le Condor*, *l'Épervier*, *le Faucon* et *le Vautour*, au lieu de satisfaire aux conditions des épreuves réglementaires, devraient à titre exceptionnel, satisfaire aux conditions suivantes :

Tôles. — Résistance à la rupture.	40 kilog.		
— Allongement —	24	pour 100	en travers.
Barres profilées. — Résistance à la rupture	38	—	
— Allongement —	26	—	en long.

l'écartement des repères de l'éprouvette étant toujours de 200 millimètres.

La Marine paraît donc s'engager dans une voie qui consiste à réduire les résistances à la rupture, de 45 kilogrammes exigés jusqu'ici, à 40 kilogrammes seulement pour augmenter les allongements, 24 pour 100 au lieu de 20 pour 100.

Ces conditions nouvelles nous ont surpris parce que nous n'avons pu perdre de vue que le plus grand avantage des coques en acier aux coques en fer consiste dans la réduction du poids ; or, cette réduction est et sera d'autant plus considérable que l'acier sera d'une résistance plus grande. Nous savions aussi que les essais aux usines donnaient la résistance requise de 45 kilogrammes avec un allongement de 22 à 23 pour 100 dépassant celui qui était imposé comme minimum et atteignant, à 1 pour 100 près, l'allongement des conditions nouvelles. Pourquoi alors consentir à une diminution de la résistance de 5 kilogrammes pour avoir 1 à 2 pour 100 de plus d'allongement ?

Cette modification s'explique moins encore si l'on se reporte à ce qu'étaient les tôles de fer employées avant l'adoption de l'acier.

Mais puisque l'occasion s'en présente, il n'est pas inutile de résumer ici les conditions d'épreuve des fers de la Marine, telles qu'elles ont été fixées par la circulaire ministérielle du 17 février 1868.

La Marine française distingue quatre catégories de fers d'après leur qualité.

1re catégorie. — Qualité commune.

2e catégorie. — Qualité ordinaire, correspondant à la désignation commerciale : qualité fer fort.

3e catégorie. — Qualité supérieure, correspondant à la désignation commerciale : fer fort supérieur.

4e catégorie. — Qualité fine, correspondant à la désignation commerciale : fer fin ou au bois.

Les catégories extrêmes ne sont pas employées dans les coques de navire, c'est-à-dire dans ce que nous avons appelé constructions navales. La 1re est réservée aux installations intérieures ou secondaires en dehors de la coque, à des chalands ou aux édifices de la Marine. La 4e catégorie est réservée exclusivement aux tôles les plus fatiguées des chaudières à vapeur. Nous n'avons donc à nous occuper que des deux catégories intermédiaires, appelées qualité ordinaire et qualité supérieure.

Les essais imposés consistent en épreuves à chaud et en épreuves à froid. Ce sont ces dernières seulement que nous allons résumer.

Qualité ordinaire. — C'est en cette qualité que sont faites les tôles courantes des coques, les cornières et les barres en fers profilés.

Pour les tôles, on fait cinq essais à la traction, dont on prend les chiffres moyens. La résistance à la rupture doit être de 31 kilogrammes en travers avec 5 pour 100 d'allongement. Aucun des essais ne doit fournir une résistance en travers, inférieure à 28 kilogrammes, ou un allongement inférieur à 4 pour 100, en opérant toujours sur des éprouvettes de 200 millimètres, dans les mêmes conditions que pour les essais des aciers.

Pour les plats de moins de 500 de largeur, pour les cornières ou autres profilés, simple ou double T, la résistance en long doit être de 34 kilogrammes avec 9 pour 100 d'allongement. Il est fait en outre,

pour les plats, des essais en travers qui doivent donner 28 kilogrammes avec 3 1/2 pour 100.

Qualité supérieure. — Les tôles doivent, comme moyenne de cinq essais, dans les deux sens du laminage, résister à 32 kilogrammes en travers avec au moins 7 pour 100 d'allongement. Dans aucun des essais, on ne doit obtenir moins de 29 kilogrammes de résistance et moins de 5 1/2 pour 100 d'allongement.

Les fers profilés ne se font pas en qualité supérieure, à l'exception des cornières lorsqu'elles sont destinées à entrer dans la fabrication des chaudières à vapeur, ou de pièces tout à fait exceptionnelles. Les cornières en fer supérieur doivent résister à 35 kilogrammes en long avec au moins 12 pour 100 d'allongement.

En définitive les tôles de fer employées dans les constructions navales avaient une résistance en travers de 31 kilogrammes avec un allongement de 5 pour 100. En passant du fer à l'acier, on a donc réalisé un progrès plus considérable sous le rapport de la ductilité que sous le rapport de la résistance.

Il nous a donc semblé que l'allongement obtenu de 20 à 22 pour 100 était suffisant, et nous nous sommes adressé à un ingénieur de la Marine à Toulon, M. Berrier-Fontaine, dont nous connaissons toute la compétence, pour le prier de nous donner son opinion.

Cet ingénieur a bien voulu nous communiquer un extrait d'une note qu'il a écrite en février dernier sur la question, et dont nous allons faire connaître les conclusions.

Il pense que la Marine ne doit pas, à l'époque où nous sommes, s'engager dans la voie qui consisterait à réduire les résistances pour augmenter les allongements. Ceux qui sont inscrits dans la circulaire de 1876 lui paraissent bien suffisants ; ils ne sont pas nécessaires au point de vue strict des efforts, même accidentels, auxquels les tôles des coques doivent se trouver exposées après leur mise en œuvre, et il émet l'opinion qu'elles ont été imposées uniquement dans un but de sécurité, afin de se mettre à l'abri des défauts d'homogénéité qui étaient assez fréquents dans les premières tôles d'acier, défauts qui amenaient des ruptures inattendues. Aujourd'hui, par suite des progrès considérables qui ont été réalisés dans la fabrication, l'homogé-

néité des tôles d'acier peut être considérée comme étant pratiquement parfaite, et les accidents ont cessé de se produire.

Il lui a paru utile de rappeler dans sa note que la qualité des tôles d'acier livrées à la Marine française doit être regardée comme étant assez notablement supérieure à celle des tôles d'acier satisfaisant aux conditions exigées, soit par l'Amirauté britannique, soit par les deux principales Sociétés de classification anglaise, le « Lloyd's Register » et le « Liverpool Underwriters Registry. »

En effet, l'Amirauté anglaise demande au moins 41 kilogrammes de résistance (26 tonnes par pouce carré) et 20 pour 100 d'allongement minimum. Le Lloyd's Register impose le même allongement avec 42 kilog. et demi de résistance (27 tonnes par pouce carré). La Société de Liverpool demande une résistance plus grande (28 tonnes), correspondant à 44 kilogrammes par millimètre carré; mais nous ne connaissons pas le tant pour cent d'allongement.

Il regarderait comme extrêmement regrettable qu'en se laissant aller à consentir des réductions de résistance pour ses tôles de coques, la Marine française perdît la supériorité qu'elle a conservée jusqu'à présent sous ce rapport, et cela au moment où l'opinion des ingénieurs anglais les plus autorisés se prononce chaque jour plus nettement en faveur de l'augmentation de la résistance.

Nous rappellerons à ce sujet la communication faite, il y a deux ou trois ans, à l' « Institution of naval Architects » de Londres par M. West, ingénieur en chef de la Société de Liverpool, et la discussion fort intéressante à laquelle cette communication a donné lieu, concernant la détermination des conditions de résistance et d'allongement qu'il serait le plus convenable d'imposer. M. West, et avec lui presque tous les ingénieurs qui ont pris part à la discussion, ont exprimé l'avis qu'il serait nécessaire d'élever notablement les limites inférieures exigées en Angleterre pour la résistance à la rupture, laquelle devrait être portée à 30 tonnes par pouce carré, soit $47^{k},25$ par millimètre carré.

M. Berrier-Fontaine fait cependant une réserve au sujet de la qualité des tôles destinées au bordé extérieur de la carène. Plusieurs ingénieurs pensent, en effet, que les tôles d'acier sont attaquées par l'eau de mer avec d'autant plus d'énergie et de rapidité que la qualité de

l'acier est moins douce et plus résistante [1]. Il n'admet pas, quant à lui, que cette question d'altération ait été démontrée d'une manière définitive, parce que les tôles expérimentées ont été livrées, il y a dix ans déjà, à la Marine, c'est-à-dire à une époque où les tôles d'acier étaient encore fort loin d'avoir atteint, au double point de vue de la qualité et de l'homogénéité, le degré de perfection qu'elles présentent aujourd'hui.

Il serait donc bon d'entreprendre, sur des tôles d'acier de différentes qualités, une série d'expériences permettant de s'assurer si elles sont réellement d'autant moins attaquées par l'eau de mer que leur qualité est plus douce. Si ces expériences conduisaient à conclure que, seules, les tôles d'acier extradouces, dont la résistance n'est que de 38 à 40 kilogrammes, peuvent se conserver convenablement à l'eau de mer, il y aurait lieu de rendre réglementaires des conditions spéciales, mais seulement pour les bordés extérieurs de carène. Il vaudrait mieux agir ainsi, que de continuer à les exécuter en tôle de fer, dont la résistance à la rupture peut être considérée comme variant de 31 à 33 kilogrammes seulement par millimètre carré dans le sens le moins résistant.

Mais alors même qu'il serait jugé nécessaire de réduire la résistance des tôles extérieures des œuvres vives, entrant pour 15 à 20 pour 100 dans le poids total de la coque, M. Berrier-Fontaine regarderait comme très regrettable que la même réduction de résistance fût étendue aux tôles et barres profilées des autres parties de la coque, où elles ne doivent point se trouver exposées aux mêmes causes de détérioration, et il lui paraît important qu'elles puissent présenter à poids égal le maximum de résistance possible.

Ce serait, à son avis, ne tenir aucun compte des progrès considérables qui ont été réalisés récemment dans la fabrication de l'acier, que de ne point exiger, tout au moins, pour les tôles et pour les barres profilées qui entrent pour une part de 80 à 85 pour 100 dans le poids de la coque, des conditions de résistance non pas seulement égales, mais même un peu supérieures à celles qui ont été imposées jusqu'ici et obtenues sans aucune difficulté.

Quant à nous, après avoir étudié et comparé les opinions diverses qui se sont manifestées, après nous être rendu compte de ce que peu-

1. Presque tous les navires mis en chantier depuis un an auront des bordés extérieurs en tôle d'acier. Les cuirassés, *le Formidable* et *l'Amiral-Baudin* sont avec bordé extérieur d'acier.

vent faire industriellement les aciéries, notre opinion est que la meilleure qualité d'acier pour coques est celle qui correspond à une résistance de 44 kilogrammes par millimètre carré (soit 28 tonnes par pouce anglais) avec un allongement de 22 pour 100 sur éprouvette de 200 millimètres.

Nous avons cru devoir résumer, avec quelques développements, devant une société d'ingénieurs français, cette question importante de la qualité de l'acier, qui a été et qui est encore discutée à fond dans toutes les sociétés analogues d'ingénieurs anglais.

Avant d'examiner la question de la mise en œuvre de l'acier, nous voulons présenter encore quelques observations sur la qualité et sur les conditions dans lesquelles doivent être faits les essais.

Ainsi il est utile de faire ressortir une particularité importante dont les industriels travaillant le fer et l'acier ne se préoccupent pas suffisamment. Nous voulons parler de l'influence qu'exercent sur l'allongement final les dimensions, la forme et surtout la longueur de la barrette d'épreuve.

Lorsqu'on la soumet à des efforts successifs de traction devant amener la rupture, il se produit d'abord un allongement proportionnel élastique qui est relativement très faible et très peu différent pour les diverses qualités d'acier; ensuite, un allongement permanent bien accentué se manifeste pour se localiser bientôt en un point qui s'allonge bien davantage, en présentant une section très réduite où se produit finalement la rupture[1]. Lorsqu'on rapproche les deux parties de la barrette rompue, on constate donc un allongement final qui se compose d'un allongement proportionnel à la longueur, et d'un allongement dû à la contraction de section, qui peut être considéré comme une constante, quelle que soit la longueur de l'éprouvette.

Il en résulte donc que cette longueur entre repères a une grande influence sur l'allongement mesuré en centièmes de la longueur primitive, tel qu'on a l'habitude de le noter dans les essais. Ainsi, pour fixer les idées, nous pouvons dire que, si l'on découpe dans une même barre d'acier non recuite des barrettes de 200 millimètres et de

1. Le rapport de cette section de rupture à la section primitive s'appelle striction.

100 millimètres entre repères, on constatera, à la rupture par traction, des allongements pour cent bien différents[1].

Le mode de fabrication et la composition chimique des aciers exercent une assez grande influence sur les allongements. Il en est de même du recuit et de la trempe. Le recuit a pour effet d'augmenter la douceur du métal, c'est-à-dire son allongement, tandis qu'il diminue la charge de rupture et la limite d'élasticité.

La charge-limite d'élasticité s'écarte peu de la moitié de la charge de rupture, principalement pour les aciers recuits. Elle est supérieure à cette moitié pour les aciers non recuits et, au contraire, bien inférieure pour le métal doux, trempé ; mais la trempe a pour effet d'augmenter la charge de rupture.

La connaissance de la charge-limite d'élasticité, est un point important ; on ne s'en est pas suffisamment préoccupé jusqu'ici. C'est à elle et non à la charge de rupture qu'il faudrait se référer dans bien des cas, pour déterminer, par exemple, les coefficients du travail du fer et de l'acier. Aussi émettons-nous le vœu que les machines d'essai soient munies d'indicateurs et de dispositions particulières permettant à la machine de tracer elle-même la courbe des allongements par rapport aux efforts de traction. La limite d'élasticité sera ainsi bien accusée et l'expérimentateur n'aura aucune observation minutieuse à faire. Sa tâche sera même rendue plus facile, et une erreur ou un accident dans l'expérience ne pourra passer inaperçu.

Nous remarquerons enfin que la façon de prélever la barrette d'épreuve n'est pas sans influence sur les résultats. Plus le métal a été travaillé dans le prélèvement de l'éprouvette, plus la contraction est

1. Voici un tableau donnant dans la dernière colonne les rapports moyens des allongements, d'après les résultats de près de 1000 essais.

NATURE DU MÉTAL NON RECUIT	CHARGE de rupture	ALLONGEMENTS MOYENS		MOYENNE des Allongements
		sur 200	sur 100	
Aciers un peu durs	60^k	14	17 à 18	1/ 1,24
Aciers moyens	55	16	20	1/ 1,26
Aciers moyens un peu doux	50	19	24	1/ 1,28
Aciers doux	43 à 45	22 à 23	30	1/ 1,33

Pour des aciers recuits, les différences entre les allongements sont plus faibles lorsque les aciers sont doux. La variation des rapports inscrits dans la dernière colonne se présenterait pour ainsi dire en sens inverse.

faible de sorte que deux pièces identiques chimiquement, peuvent donner des résultats différents aux essais. La barrette d'épreuve ne doit donc pas être forgée.

Aucune épreuve de résistance au choc n'est exigée actuellement par la Marine française malgré l'intérêt particulier qui s'attacherait à de pareilles épreuves, en raison des chocs plus ou moins violents auxquels les coques des navires sont exposées. Mais, il ne faut pas le perdre de vue, les épreuves prescrites par la circulaire du 11 mai 1876 sont déjà plus variées et plus complexes que celles qui sont prescrites partout ailleurs, et, en définitive, elles sont suffisantes si on en juge par l'excellence des aciers employés dans les constructions navales.

III. — MODE DE TRAVAIL ET DE MISE EN ŒUVRE.

L'acier exige une mise en œuvre spéciale ; les manipulations auxquelles le métal fondu est soumis dans les chantiers de construction, demande des précautions particulières, des ménagements spéciaux sans lesquels le succès dans le travail de l'acier ne peut pas être obtenu.

Est-ce à dire qu'il faille des ouvriers expérimentés et habiles dans le travail du fer pour travailler l'acier de la façon la plus satisfaisante ? Certainement non, ces ouvriers expérimentés ne peuvent croire qu'un métal que rien ne distingue du fer dans son aspect extérieur, puisse avoir des propriétés différentes et ils sont portés à le traiter de la même manière, malgré les recommandations qui leur sont faites.

Les jeunes ouvriers, au contraire, consentent plus facilement à se conformer aux conseils qui leur sont donnés, et, s'ils sont adroits et dociles, ils parviennent très rapidement à travailler l'acier comme il convient à ce métal.

En 1875, M. Barba, ingénieur des constructions navales à Lorient, a publié une étude fort remarquable sur l'emploi de l'acier, et dans cette étude, il expose avec détails la méthode à suivre pour la mise en œuvre des tôles et barres profilées en métal fondu.

En avril 1881, M. Berrier-Fontaine, ingénieur des constructions navales à Toulon, à présenté à l'*Institution of naval architects*, un mémoire qui a été fort apprécié par ses collègues d'outre-Manche et qui complète de la façon la plus heureuse les renseignements pratiques

déjà donnés par M. Barba, en les mettant au courant des perfectionnements apportés depuis 1875.

Nous avons visité, il y a quelques années, les ateliers du Mourillon à Toulon, et tout dernièrement les ateliers de Caudan, à l'arsenal de Lorient, et nous avons pu constater que la mise en œuvre des aciers se fait, à très peu de choses près, dans les conditions indiquées par MM. Barba et Berrier-Fontaine. Nous renvoyons donc à ces deux publications ceux des membres de la Société des Ingénieurs civils que la question intéresse plus particulièrement. Nous allons nous borner à faire ressortir les points les plus saillants en les complétant par nos renseignements personnels.

Mais tout d'abord disons que, pour le travail de l'acier comme pour tout travail, il y a une école à faire ; il faut que le personnel du constructeur (ingénieur, contremaîtres et ouvriers) ait pris l'habitude des précautions à prendre, des opérations de recuit à donner en temps voulu, des ménagements à apporter ; car, il n'est pas inutile de le répéter, ce n'est qu'après quelques insuccès que l'on se convainc que le nouveau métal a un tempérament particulier, différent de celui du fer.

Depuis que l'acier doux est fabriqué avec l'homogénéité que nous avons plus haut signalée, des ouvriers, quelque peu habitués à le travailler, sont plus assurés de réussir telle ou telle pièce de forme compliquée, si on leur donne une tôle ou une cornière d'acier à forger, au lieu d'une tôle ou d'une cornière en fer, fût-elle en fer supérieur. L'assurance nous en a été donnée par tous les ouvriers que nous avons questionnés, et nous avons pu nous assurer, *de visu*, que dans le magasin des tôles rebutées en cours de travail, il y en avait un plus grand nombre en fer qui étaient destinées à entrer dans le bordé extérieur de la carène.

Dans le travail à chaud, il est important de s'arrêter lorsque la température de la pièce descend au rouge sombre ; il faut alors la remettre au feu et la chauffer jusqu'au rouge cerise et même au rouge cerise clair afin que le forgeage s'effectue le plus possible à cette dernière température sans jamais descendre au-dessous du rouge.

On sait, en effet, que l'acier, comme le fer, est exposé à la rupture au bleu, c'est-à-dire à casser sous un faible effort quand le métal, en se refroidissant au-dessous du rouge sombre, se recouvre d'une pellicule bleue d'oxyde de fer. Telle est la définition qu'a donnée M. Valton, notre collègue, de la rupture au bleu connue des forgerons. L'acier

qui vient de subir un changement brusque et inégal d'état moléculaire est, plus que le fer, exposé à casser lorsqu'il arrive à cet état souverain que lui donne une température de 350 à 400 degrés.

Il est important de chauffer uniformément toute la partie à travailler; aussi les fours ont-ils rendu à Lorient et à Toulon de grands services en permettant de réduire le nombre de chaudes et en facilitant beaucoup l'exécution de la mise en œuvre. Pour travailler le métal à la plus haute température possible, les manœuvres des pièces chaudes sont faites à Toulon par des cabestans hydrauliques, de sorte que la pièce peut être amenée rapidement à sa forme définitive alors qu'elle est encore rouge et que la chaleur qui lui reste suffit à la recuire très efficacement sans qu'il soit besoin de la repasser au four, ou au feu de forge.

On laisse refroidir la pièce à l'air libre, sur une surface sensiblement homogène ayant par suite en tous ses points, une égale conductibilité de la chaleur. De même qu'il a fallu chauffer la pièce uniformément, de même il importe qu'elle se refroidisse uniformément.

La substitution de maillets en bois aux masses et aux marteaux en fer constitue un perfectionnement sérieux, mais les ouvriers se résignent difficilement à l'emploi des maillets en bois qui ne donnent pas toujours des coups assez énergiques et assez efficaces. Nous avons vu employer pour des travaux difficiles et exceptionnels, des masses en cuivre rouge qui fatiguent beaucoup moins le métal que les masses en fer. L'emploi de celles-ci est néanmoins très répandu dans les ateliers où l'on travaille l'acier, mais alors il est utile de recuire la pièce si elle a été très fatiguée, ou bien, si le forgeron est à la fin de sa journée, il a le soin de couvrir la pièce d'un feu de charbon de bois qui la recuit et qui lui donne l'homogénéité que les coups de marteaux en fer lui avaient fait perdre.

Un perfectionnement sérieux a consisté dans la substitution de la pression progressive et continue des presses hydrauliques, aux chocs violents des marteaux-pilons pour le forgeage de pièces fortement cintrées ou embouties. Après l'action de la presse, il est le plus souvent inutile de recuire la pièce.

L'emploi de pression progressive et continue présente autant d'avantages pour les manipulations qui s'exécutent à froid. L'absence complète de chocs est une condition très favorable pour le travail de l'acier qui demande à être traité avec ménagements. Ainsi le dressage et le pla-

nage s'exécutent à la machine et aux rouleaux, et pour ces opérations on a supprimé presque entièrement l'emploi des marteaux.

S'il est impossible d'éviter un martelage à froid, il est nécessaire de frapper la tôle sur la surface la plus étendue possible et de produire la déformation en plusieurs opérations. Une fois terminée, la tôle doit être recuite promptement pour faire cesser l'état d'équilibre instable dans lequel elle se trouve et pour restituer au métal ses qualités premières. L'emploi de masses en cuivre fatigue moins le métal que les masses en fer.

Pour éviter au métal une fatigue inutile, on cherche à s'affranchir des procédés de travail qui déchirent profondément les bords en y laissant des bavures plus ou moins irrégulières. C'est ainsi qu'on a été conduit à proscrire absolument l'emploi du poinçon pour découper les tôles ou les cornières par une série de trous contigus. Elles doivent être cisaillées avec des lames droites ou courbes aussi larges que possible.

En ce qui concerne les barres profilées en acier qui ne peuvent être cisaillées, on emploie avec succès des scies à froid, circulaires ou sans fin, qui coupent ou éboutent des barres de tous profils d'une manière très nette et très précise, sans fatiguer les extrémités des barres et sans qu'il soit nécessaire de recuire la pièce.

D'une manière générale, remarquons que les outils qui exécutent le travail de la façon la plus nette et la plus franche, sont aussi ceux qui fatiguent le moins les parties environnantes des pièces soumises à leur action. Aussi convient-il de remplacer le plus possible le travail à la main par le travail des machines qui est toujours continu et régulier. Il faut veiller à ce que les arêtes tranchantes des outils, lames de cisailles et de raboteuses, scies, poinçons, forets, soient constamment maintenus dans le plus parfait état.

Pendant plusieurs années, tant en Angleterre qu'en France, on a pratiqué le forage des trous parce que des expériences avaient démontré que le poinçonnage altérait notablement la ténacité de l'acier. Aujourd'hui on n'emploie plus le forage que pour des pièces exceptionnelles.

Les effets du poinçon sont locaux et ne s'étendent que sur une zone très restreinte d'une largeur inférieure à un millimètre sur le pourtour du trou poinçonné. Aussi suffit-il, pour détruire ces effets, d'aléser ou fraiser les trous d'un millimètre et demi à deux millimètres. Il convient, pour moins fatiguer le métal, d'employer des matrices plus grandes

que les poinçons, de façon à produire un poinçonnage conique. Le poinçonnage exerce sur les tôles de fer des effets comparables à ceux qu'il produit sur les tôles d'acier. Il y a aussi dans la zone altérée une perte de résistance.

Les précautions très rigoureuses auxquelles les constructeurs se sont astreints dès le principe, avaient presque uniquement pour but de prévenir les ruptures singulières qui se produisaient assez fréquemment, sinon, ils auraient depuis longtemps accepté les petites pertes de résistance produites par les diverses manipulations, puisque ces pertes existent avec les tôles et les barres profilées en fer.

Il est permis de penser que, dans un avenir prochain, le travail de l'acier doux se fera couramment par l'application des procédés indiqués ci-dessus, et par le choix de la qualité convenable. On s'habituera à percer au poinçon presque toutes les pièces, et à ne les recuire que lorsqu'elles auront été soumises à des manipulations très dures, ainsi que cela se pratique, au surplus, dans les mêmes circonstances, pour les pièces en fer. Néanmoins et pour plus de sécurité, il sera bon, pensons-nous, de terminer toujours par un recuit le travail d'une pièce d'acier de quelque importance. Cette opération est facile en faisant sur la pièce et en dessous, un feu de bois ou de charbon de bois dans lequel elle est abandonnée jusqu'à complet refroidissement en laissant le feu s'éteindre.

La proportion des avaries qui se produisent dans le travail est allée constamment en diminuant et elle se trouve réduite à un chiffre très faible, qui ne dépasse pas celui des avaries survenues dans le travail des tôles et barres profilées en fer.

Grâce à l'homogénéité et à la douceur des aciers livrés aujourd'hui par les usines, et grâce aussi sans doute à l'habileté plus grande des ouvriers, des soudures de tôle et de barres profilées en acier ont pu être faites dans des conditions qui ont paru suffisantes, mais il nous semble que la plus grande circonspection doit être apportée sur cette question de soudure de l'acier. Ce que l'on a obtenu, c'est un encolage, suffisant dans bien des cas, mais qui n'a pas la valeur d'une soudure réelle.

Il nous reste à parler du *rivetage* pour compléter ce que nous voulons dire sur le travail et la mise en œuvre de l'acier.

Lorsque les ateliers de Lorient commencèrent en 1873 le travail de l'acier pour les constructions navales, les ingénieurs se trouvèrent en

présence d'une décision prise par la Compagnie du Lloyd en Angleterre qui s'était prononcée formellement contre l'emploi des rivets d'acier. Ceux-ci furent donc exclus ; on a adopté les rivets en fer et comme il fallait, avec le nouveau métal plus résistant, une augmentation de résistance du rivetage, on chercha cette augmentation dans un accroissement de diamètre.

Jusqu'à l'année dernière, tant en France qu'en Angleterre, les ateliers de constructions navales ont employé exclusivement des rivets en fer. Mais on a cherché à plusieurs reprises à substituer des rivets en acier ; on n'y est pas encore parvenu dans des conditions pratiques.

En 1882, quelques expériences intéressantes ont été faites par M. Barnaby, directeur des constructions navales à l'Amirauté britannique, lequel les a communiquées, en décembre 1882, à son collègue français, M. de Bussy qui a bien voulu nous en faire part.

Trois expériences ont été faites consistant toutes à soumettre à la traction jusqu'à rupture, deux plaques superposées et assemblées par un rivet de 19 millimètres de diamètre (3/4 de pouce), lequel a été cisaillé par un effort normal à son axe.

1° Les deux plaques étant en fer et le rivet étant également en fer, l'effort de rupture a été de dix tonnes, soit 36 kilog. par millimetre carré de la section rompue.

2° Les deux plaques étant en acier et le rivet étant en fer, identique au précédent, la rupture s'est produite avec huit tonnes et un quart seulement, correspondant à 29k, 6 par millimètre carré.

3° Avec deux plaques en acier réunies par un rivet d'acier, l'effort de rupture a été de onze tonnes et demi, c'est-à-dire de 41 kilog. par millimètre carré.

Il résulte de ces expériences que lorsque le rivetage est fait à la machine avec tous les soins possibles, ainsi que cela s'est présenté dans les expériences sus-indiquées, les rivets en fer sur tôles d'acier sont loin de donner de bons résultats comparatifs. En effet, les mêmes rivets résistent moins que lorsqu'ils assemblent deux tôles de fer, et si on emploie des rivets d'acier pour assembler deux tôles d'acier, on obtient une augmentation d'un tiers dans la résistance au cisaillement.

Il nous paraît que ces expériences ne sont pas assez nombreuses ; elles devraient être reprises et complétées en se rapprochant le plus

possible des conditions de la pratique. Quoi qu'il en soit, la décision vient d'être prise en Angleterre et en France, de river en acier doux quelques coques de navires de l'État. Une double raison a été invoquée, c'est d'abord de tenir compte des expériences précitées et c'est ensuite de se mettre à l'abri de cette critique plusieurs fois exprimée qu'il y avait une action galvanique entre les rivets en fer et les tôles d'acier.

On a d'autant moins hésité à prendre cette décision que le rivetage par pression hydraulique, c'est-à-dire sans chocs, est entré aujourd'hui dans la pratique courante des ateliers de construction bien outillés. On évite ainsi les inconvénients provenant de chocs sur des pièces d'acier exposées à se refroidir en dessous de la température rouge. Il y a une autre influence fâcheuse qui a été évitée, c'est celle de la bouterolle, quand on l'emploie au marteau sur des rivets trop courts. La tôle se trouve blessée autour du rivet, et la chaleur que possède le rivet, même posé très chaud, n'est pas suffisante pour constituer un recuit capable de corriger les altérations du métal.

Dans le travail du rivetage, il convient de chauffer les rivets partout uniformément et suffisamment, tout en évitant de dépasser le rouge cerise. Il est bon de les poser aussi rapidement que possible, de manière qu'ils soient encore rouges ou rouges sombres lorsque le travail se termine. Cette dernière recommandation est plus importante lorsque la pose se fait au marteau. Néanmoins il faut ne pas perdre de vue que, si le rivet était trop chaud, la contraction résultant de son refroidissement l'obligerait à trop s'allonger et la rivure pourrait sauter.

En France comme en Angleterre, on a employé avec succès des rivets à têtes plates avec partie tronc-conique remplissant la fraisure pratiquée dans les tôles. On augmente ainsi la résistance du rivet et on a de plus l'avantage de rendre les angles moins vifs tant sur la tête du rivet que sur le trou de la pièce.

Il est à notre connaissance que la chaudière de locomotive qui figurait à l'Exposition de 1878, dans le pavillon du Creuzot, avait été assemblée avec des rivets d'acier extradoux.

Les renseignements que nous avons recueillis à cette époque peuvent se résumer ainsi :

Les rivets en acier extradoux supportent bien le chauffage, mais il ne doit pas aller au delà du rouge cerise clair, pour être dans de bonnes conditions. Le rivetage à la main est moins pénible et cause

moins de rebuts qu'avec l'acier doux. Pour le rivetage en acier, il faut chauffer les rivets sur toute leur longueur et bien uniformément, ce qui est obtenu par l'emploi d'un petit four.

Quelques essais faits sur pièces rivées à la main ont démontré que la résistance au cisaillement d'un rivet réunissant deux tôles n'était que les 80 à 85 centièmes de la résistance, à la rupture par traction, du rond qui avait servi pour la confection du rivet.

Le rivetage à la machine doit donner plus de résistance au cisaillement parce que le rivet étant chauffé sur toute sa longueur, le refoulement est plus énergique et le trou mieux rempli ; il y a donc accroissement dans le diamètre final du rivet et par suite une plus grande résistance au cisaillement, car il ne faut pas compter en pratique sur l'adhérence due au serrage.

Il est des cas cependant, et ils sont fort nombreux, dans lesquels on est obligé de river à la main. On se trouve alors dans des conditions très médiocres pour employer les rivets en acier, lesquels ne résistent pas et cassent lorsqu'ils sont posés dans des conditions différentes de celles que nous avons fait connaître.

C'est ce qui explique pourquoi l'emploi des rivets d'acier n'est pas encore entré dans le domaine de la pratique.

Pour résumer ce que nous avons dit au sujet du travail et de la mise en œuvre des tôles et profilés d'acier, nous rappellerons les points principaux suivants :

1° Dans le *travail à chaud*, éviter qu'il ne soit continué à une température plus basse que le rouge sombre ; que les pièces soient inégalement chauffées ou également refroidies ; que des coups soient frappés en dehors des points chauffés.

Faire usage de maillets en bois autant que possible.

Terminer par un recuit, le travail d'une pièce ayant subi un forgeage important.

Pour l'emboutissage des pièces, employer de préférence l'action de la presse ;

2° Dans le *travail à froid*, substituer le plus possible au martelage le travail par des machines donnant des pressions progressives et continues.

Pratiquer une opération de recuit, à la suite d'un travail important fait au marteau.

Employer des outils bien tranchants pour éviter les bavures et les déchirures.

Faire suivre le poinçonnage des trous, d'une opération au foret consistant à les aléser et à les fraiser du côté de la tête du rivet.

3° Dans le *rivetage*, employer des rivets en acier extradoux, toutes les fois qu'on pourra les poser rapidement à la riveuse mécanique par pression, mais à la condition de les chauffer entièrement dans un four à une température ne dépassant pas le rouge cerise clair.

Lorsque, au contraire, la forme des pièces et les conditions d'exécution obligeront de river à la main, il vaudra mieux employer des rivets en fer de qualité extra, à moins d'avoir un personnel de choix et des petits fours permettant de chauffer les rivets convenablement.

IV. — AVANTAGES DES COQUES EN ACIER.

Les avantages des coques en acier sur les coques en fer sont, d'après nous, de trois espèces :

1° Prix moins élevé ;

2° Légèreté, permettant d'augmenter le chargement ;

3° Conditions meilleures en cas d'échouage.

Prix moins élevé.

S'il y a quelques années encore on pensait que les coques en acier revenaient un peu plus cher que les coques en fer, on ne peut aujourd'hui avoir la même opinion.

La coque en acier pèse en effet 15 à 20 pour 100 de moins que la coque en fer. Le prix par tonne des matières brutes doit être considéré comme le même, et le prix de la mise en œuvre au kilogramme, plus élevé pour l'acier, ne donne pas une plus-value qui atteigne la moins-value résultant de la diminution de poids.

Somme toute et d'une façon certaine aujourd'hui, les coques en acier reviennent au constructeur bien moins cher que les coques en fer.

Entrons dans quelques explications.

En ce qui concerne la diminution de poids, on peut admettre qu'elle

est d'au moins 20 pour 100 pour les navires de guerre et de 15 pour 100 pour les navires de commerce.

Nous avons extrait le premier de ces chiffres de la comparaison que nous avons faite des épaisseurs des tôles et cornières entrant dans la construction de deux cuirassés, identiques pour ainsi dire, l'un en fer, le navire anglais *l'Hercules* et l'autre en acier, le navire français *le Redoutable*. Ainsi le vaigrage, ou bordé interne, a une épaisseur qui varie des extrémités vers le milieu de 11^{mm},2 à 12^{mm},5 dans l'*Hercules*, tandis que dans le *Redoutable*, l'épaisseur varie de 8 à 9 millimètres. Les cornières en fer des longitudinales de bordé sont en 90 × 100 × 14,3 et les cornières en acier en 90 × 100 × 11 à 12.

Quant aux cornières des longitudinales recevant le vaigrage, elles ont 75 × 75 × 12,7 et 75 × 75 × 10. Les tôles reliant les cornières extérieures et intérieures des membrures ont 11 millimètres en fer et 9 millimètres en acier.

Les règles du Lloyd, accordent une réduction de un quart sur l'épaisseur des tôles et cornières lorsque l'acier est substitué au fer ; elles s'expliquent au surplus par la différence des résistances entre l'acier (45 kilogrammes) et le fer (32 kilogrammes pour les tôles en travers et 34 kilogrammes pour les cornières), lesquelles résistances sont proportionnelles au coefficient de travail que l'on prend égal au sixième environ de la résistance à la rupture.

Aujourd'hui les constructeurs de la Marine française, d'accord en cela avec le *Lloyd's register*, admettent qu'on peut compter sur une économie finale de 20 pour 100 en poids, sur l'ensemble de la construction comme résultant du remplacement du fer par l'acier.

Le prix par 100 kilogrammes des matières brutes est en moyenne à peu près le même

En effet, les tôles en acier pour coques, d'après les marchés passés par la marine, valaient 72 francs en 1873, 32 francs en 1880 et aujourd'hui environ 29 francs. Les tôles de fer, en qualité supérieure valaient 43 francs en 1880 et 35 en qualité ordinaire de marine ; aujourd'hui le prix est encore supérieur à 30 francs, pour la qualité ordinaire.

Les cornières, un peu moins chères que les tôles, ont subi à peu près la même variation que celles-ci. Le prix en acier ou en fer est très peu différent.

Pour les barres profilées, les chiffres sont différents. Du prix de

81 francs en 1874, elles sont descendues à 64 francs en 1880, tandis qu'en fer ordinaire les barres profilées ne valaient que 35 francs. Aujourd'hui la différence est moins grande, mais l'écart entre les prix est toujours très notablement en faveur du fer.

Les prix que nous venons de donner sont des prix pour fourniture à la Marine française qui paye toujours plus cher que les particuliers, parce que les fournitures sont soumises à des essais, à des opérations de recette compliquées et difficiles.

Quant à la mise en œuvre, le travail à chaud ne reviendrait pas aujourd'hui plus cher avec les tôles et les cornières en acier, si ce n'était l'obligation de donner un plus grand nombre de chaudes par suite de la propriété du métal fondu de se refroidir beaucoup plus vite que le métal soudé. Quant au travail à froid, il exige plus de précautions, plus de machines-outils, et des opérations de recuit que le fer ne nécessite pas.

Somme toute, nous le répétons, les coques en acier reviennent moins cher que les coques en fer. Mais elles exigent l'installation d'un outillage coûteux, comprenant des fours de grandes dimensions pour chauffer les pièces d'une façon uniforme.

La durée n'a jamais été mise en question ; elle est au moins aussi grande avec l'acier, si on remarque qu'un bateau construit en 4 1/2 millimètres, en acier un peu dur, a été trouvé dans le même état après douze ans.

Légèreté permettant d'augmenter le chargement.

Les coques en acier étant plus légères avec un même tonnage de déplacement, il reste, pour le chargement, une marge qui permet de l'augmenter de 15 à 20 pour 100.

Pour les navires de guerre, l'augmentation de chargement consiste en un armement d'attaque ou de défense plus puissant et dans la possibilité d'augmenter la provision en combustible, qui devient une question de premier ordre, quand il s'agit de campagnes lointaines en dehors des centres d'approvisionnement. Il ne faut pas perdre de vue, d'ailleurs, que ceux-ci peuvent manquer en cas de guerre.

Cette question d'approvisionnement, en houille, de la flotte française, pourrait être capitale dans telles circonstances qui, selon toute pro-

babilité, ne se présenteront pas, mais qui, en définitive, ne sont pas impossibles.

Pour les navires de commerce, le fret peut être augmenté et les bénéfices pour ainsi dire doublés lorsque le chargement est complet.

En effet, avec les navires en fer, le déplacement étant supposé 100, on peut dire que

La coque en fer entre pour	40
Le combustible, la machine et l'armement entrent pour	20
Il reste pour le fret	40
Total	100

Avec les navires en acier :

La coque entre pour 33 à 35 (paquebots)	34
Combustible et armement	20
Il reste pour le fret	46
Total	100

C'est donc 15 pour 100 de plus de fret possible, avec une dépense presque identique en personnel, et le bénéfice brut est donc presque doublé ; s'il était de 12 à 15 pour 100, il devient 25 pour 100.

En Angleterre, les armateurs ont un grand intérêt à avoir un grand poids disponible. Leurs chargements sont denses et abondants. Mais il n'en est pas de même malheureusement pour les armateurs français.

N'oublions pas ce que nous disaient au Havre, il y a quelques mois, les ingénieurs de la Compagnie Transatlantique à bord du nouveau et puissant paquebot *la Normandie*. « Le fret en France est peu dense, parfois très volumineux ; de plus il fait trop souvent défaut et en définitive les navires prennent du lest ou augmentent leur water-ballast. Il n'y a donc pas eu intérêt jusqu'ici à rechercher la légèreté en faisant des coques en acier. » Voilà la seule explication du faible essor qu'a pris en France l'emploi de l'acier dans la construction des navires de commerce.

Cependant il nous semble que, même dans le cas où le fret fait défaut, les armateurs ne doivent pas hésiter à faire des coques en acier, même en ne considérant que le point de vue de la légèreté.

En effet, la diminution du poids de la coque permettra de placer des

machines plus lourdes, c'est-à-dire plus puissantes dans le but d'obtenir une plus grande vitesse. De plus on pourra avoir à bord une plus forte réserve en charbon, ce qui est toujours un avantage.

Conditions meilleures en cas d'échouage.

Les coques en acier sont construites avec des matériaux incontestablement plus ductibles et par suite elles sont moins sujettes à souffrir des accidents auxquels tout navire reste toujours exposé, telle que collision légère ou échouage.

Pour démontrer la supériorité des coques en acier en cas d'échouage nous ne saurions mieux faire qu'en donnant les notes que nous avons relevées, avec l'autorisation de M. le Ministre de la marine, sur le procès-verbal officiel de l'accident arrivé il y a deux ans à un cuirassé français, *la Dévastation*.

La *Dévastation* est un navire de 10,000 tonnes de déplacement, plus large, plus profond que le *Redoutable*, qui est d'environ 9,000 tonnes. Il est construit sensiblement avec les mêmes échantillons d'aciers.

Le 12 novembre 1881, à sept heures du matin, le navire toucha au nord-est des Errants, récif granitique situé en dehors de la rade de Lorient. Il toucha par l'avant, avec plusieurs chocs successifs et une traînée de 35 mètres malgré le changement de marche de la machine. On vit des fragments de quille en bois flotter de chaque bord sur l'arrière.

La mer venant à baisser, la *Dévastation* se mit à la bande et s'inclina sur tribord, c'est-à-dire sur la droite en regardant l'avant, et à basse mer, elle prit une position qu'elle conserva jusqu'à son renflouement, position qui est définie par une différence de tirant d'eau de $1^m,20$ et une bande fixe de trois degrés sur tribord.

On parvint à alléger le navire de 1,100 tonneaux correspondant à $0^m,65$ d'émersion; il ne flottait pas. On a évalué à 2,500 tonneaux environ, la pression du navire sur les rochers et par conséquent la réaction de celle-ci sur la coque qui est entièrement en acier à l'exception seule du bordé extérieur.

On procéda à une *visite extérieure* par scaphandres. Le bâtiment portait par son milieu, sur un peu plus de la moitié de la longueur, laquelle est de 100 mètres, et sur un fond de roches dures à surface très irrégulière. L'avant et l'arrière étaient en porte à faux de 20 mètres

environ. On n'a pas pu visiter les parties comprises entre les quilles latérales, mais la visite intérieure a permis de compléter les indications des scaphandres.

Visite intérieure. Avant d'ouvrir les trous d'homme du double fond, on fit sauter un rivet dans chaque alvéole et on s'assura à l'aide d'une sonde que le bâtiment ne faisait pas d'eau, même dans une seule alvéole, On ouvrit les trous d'homme et on pénétra entre les deux bordées distants en moyenne de 1^{m}, 10.

On constata que le bordé extérieur en fer, présentait des déformations dont les principales s'étendaient sur des longueurs de 15 à 20 mètres, tant à babord qu'à tribord. Les parties déformées présentaient des flèches atteignant au maximum 70 millimètres à babord et 121 millimètres à tribord.

Les lisses (membrures longitudinales) et les couples (membrures transversales) correspondants aux endroits déformés s'étaient plissés. Le vaigrage ou bordé intérieur était partout intact et sans déformation appréciable.

Dans la nuit du 16 au 17 novembre, le navire fut soumis à une très rude épreuve; soulevé à tribord par la lame, il reçut d'affreuses secousses. La coque supporta victorieusement cette épreuve et aucune voie d'eau ne se déclara. La bande permanente sur tribord augmenta de deux degrés, probablement en écrasant les roches ; elle devint donc 5 degrés.

Le 17 novembre à 10 3/4 du matin, grâce à la marée et à la houle soulevée par le vent sud-ouest, le navire flotta et vint à l'appel de ses amarres.

La *Dévastation* rentra seule en rade de Lorient, avec sa machine qui était restée intacte. Le bâtiment ne présentait à l'intérieur de la coque aucune espèce de déformation. Le cuirassé était resté cependant plus de cinq jours sur les Errants, ballotté par les flots, avec deux hélices et un gouvernail à 20 mètres en porte à faux. Ces trois appareils pèsent ensemble 40 tonnes.

Cet accident a prouvé que l'épaisseur des membrures en acier était telle que, *d'une part*, elles établissaient une solidarité suffisante entre les deux bordés, de manière à les faire travailler ensemble quand il s'agissait de résister aux efforts normaux pour lesquels la coque a été calculée, et que, *d'autre part*, les membrures avaient une flexibilité telle

que les déformations locales du bordé extérieur n'étaient pas transmises au bordé interne.

La résistance à la déformation par compression augmente beaucoup avec l'épaisseur de la paroi comprimée. Or, les membrures en acier avaient 9 millimètres tandis que des membrures en fer auraient eu 11 millimètres d'épaisseur. Il est donc très probable que si la coque eût été en fer, le vaigrage ou bordé intérieur eût été défoncé, la machine déplacée et le navire hors d'état de se relever pour rentrer seul au port.

Un accident analogue est arrivé à un cuirassé de premier rang anglais, l'*Azincourt*, dans la baie de Gibraltar. Ce navire a des membrures en fer et a eu son vaigrage défoncé. Il y avait donc trop de solidarité entre les deux bordés. Si les membrures eussent été en acier, elles se seraient écrasées comme celles de la *Dévastation*, sans que pour cela la coque perdît de sa résistance.

L'expérience a donc démontré, elle aussi, que les coques en acier sont supérieures aux coques en fer, en cas d'accidents de la nature de ceux que nous avons signalés.

Pour toutes les raisons ci-dessus développées, les constructeurs comme les armateurs, ne doivent plus hésiter à substituer l'acier au fer, dans les constructions navales. Ils obtiendront un succès complet, s'ils tiennent compte des observations présentées au cours de ce mémoire.

CHAPITRE II

CONSTRUCTIONS CIVILES

L'emploi de l'acier dans les constructions civiles : ponts, édifices, etc., n'est pas entré dans la pratique courante et même, en ce qui concerne la construction des édifices, des maisons d'habitation, nous ne connaissons aucune application de l'acier.

Nous allons tout d'abord présenter un *historique* de l'emploi de l'acier dans la construction des *ponts*.

M. Jeans, secrétaire de l'*Iron and Steel Institute*, donne dans son intéressant ouvrage sur l'acier, *Steel*, « *its history manufacture and use*, » des renseignements curieux sur le développement de l'emploi de l'acier dans les ponts. Là, comme pour tous les autres emplois de l'acier, on a commencé avec le métal dur.

En 1828, M. Von Mittis construisit sur le Danube, à Wien, un pont suspendu à chaînes d'acier. Ces chaînes étaient formées de barres d'acier de $61^{m}/^{m},5$ sur $19^{m}/^{m}$ en section. Profitant de la grande résistance de l'acier (en ce temps-là on ne pouvait faire que du métal dur), on fit les chaînes trop légères ; leur poids total n'était que le cinquième de celui de la plate-forme. Dans ces conditions, le pont vibrait sous l'influence des charges additionnelles ou des grands vents.

On construisit cependant encore quelques petits ponts suspendus, à chaînes d'acier, sur le Danube. Ces ponts, tous très légers, étaient destinés exclusivement au passage de piétons.

Il est à noter que ces premiers ponts en acier furent établis par des ingénieurs hollandais, dit M. Jeans.

En 1862, l'ingénieur français Oudry, proposa de réunir la Calabre à la Sicile, au moyen d'un pont suspendu sur le détroit de Messine. Pour ce pont, en devait employer de l'acier Bessemer, ne cassant pas à 78 kilogrammes par millimètre.

En 1863, en Hollande, pour les chemins de fer de l'État, on commença à employer l'acier dans la construction des ponts rigides. Ces ponts, au nombre de trois, se trouvent à Limburg, près Maëstricht. Ils ont été construits par Sterckman et fils, de la Haye. Ces ponts, à treillis, ont chacun 30 mètres de portée et $4^m,50$ de large. Le poids d'acier employé pour les poutres et entretoises est de 20 tonnes. La résistance des tôles d'acier à la rupture est, pour ces ponts, de 64 kilogrammes par millimètre, dans les deux sens. Les épreuves furent faites le 1er mars 1864; une charge de 90 kilogrammes par mètre carré fut laissée pendant quinze heures. On eut une flèche élastique maximum de $0^m,04$ et point de flèche permanente.

C'est à cette époque qu'en Hollande on commença les études des grands ponts dont nous parlerons tout à l'heure et que l'on admit pour ces grands ponts, un large emploi de l'acier.

En 1864, en Angleterre, Worthington construisit un pont tournant pour chemin de fer, sur le canal Sankey. Les quatre poutres de ce pont sont en tôle d'acier Bessemer; elles ont 17 mètres de long et $0^m,70$ de haut, leur portée varie de 9 mètres à 12 mètres. Ce pont a été construit par MM. Hicks et fils, de Bolton; l'acier vient de la Bolton Steel and Iron Company. Il a été essayé à une charge de 3,200 kilogrammes par mètre courant. La flèche élastique maximum fut de $25^m/^m,4$; il n'y eut pas de flèche permanente. Les tôles employées avaient de 6 à 11 millimètres d'épaisseur et résistaient à plus de $56^k,5$. Le poids du pont était les 5/8 de ce qu'il aurait été en fer. En 1864, quelques passerelles pour appontements furent posées sur les bords de la Tamise. Elles avaient 23 mètres de longueur. L'acier résistait à 69 kilogrammes.

En 1865, un pont de 42 mètres, en acier puddlé, fut construit pour une ligne de chemin de fer, sur la rivière Gotha, entre Wenersborg et Herrlunje.

En 1867, on vit à Paris, à l'Exposition, sur le quai d'Orsay, un pont en arc de 25 mètres de portée, fabriqué par la maison Joret, avec des tôles d'acier de Terre-Noire-Bessèges. Ce pont a supporté aux épreuves une charge statique de 500 kilogrammes par mètre carré, et une charge roulante de deux fardiers à un essieu portant chacun 11 tonnes. Ce pont est, depuis 1869, en place définitive à Port-des-Roches (Ille-et-Vilaine).

En 1868, un pont tout semblable, fut construit, aussi par la maison Joret, pour Montevideo (Uruguay).

En 1880, un pont à cinq travées, tout en acier, même les rivets, a été construit sur le Missouri, par la Compagnie du chemin de fer de Chicago-Alton.

En 1880, on mettait en exploitation le plus grand pont rigide en acier qui existe en ce moment, pont de chemin de fer, sur le Mississipi, à Saint-Louis. Ce pont est composé de trois arcs ; celui du milieu a 157 mètres de portée ; les deux autres, 151^{m},60. A moyennes eaux, l'intrados de l'arc central est à une hauteur de 21^{m},50. L'acier employé a une limite d'élasticité de 27 kilogrammes ; il ne casse pas à 66 kilogrammes.

En 1881, la Compagnie du London and North Western a employé presque uniquement l'acier pour le remplacement d'un viaduc à Llandulas (Galles du Nord). La longueur de ce viaduc est de 68^{m},32 ; sa hauteur au-dessus des fondations, 15^{m},25. Les poutres principales sont en tôle d'acier de 12^{m}/^{m},7 ; les cornières et les rivets sont aussi en acier. Il s'agissait d'un remplacement urgent à faire sans trop gêner le service ; les matières furent fabriquées en sept jours, dans l'aciérie de la Compagnie, à Crewe, et le viaduc fut monté dans un temps égal.

En 1883, on vient d'ouvrir à la circulation le grand pont suspendu de la rivière de l'Est, entre New-York et Brooklyn. Ce pont a, comme on sait, 486^{m},80 de portée. Les chaînes d'amarrage des câbles sont en acier. Les câbles sont en fils d'acier. Chacun des quatre gros câbles est composé de 5,000 fils d'acier de 3 millimètres. Le tablier du pont est tout en acier ; il a 26^{m},23 de large. Notons que le poids total de la travée centrale est de 6,740 tonnes ; le poids des quatre gros câbles, seuls, est de 2,160 tonnes.

Nous avons réservé dans cet historique, les renseignements relatifs à l'emploi de l'acier dans les grands ponts hollandais, construits il y a une dizaine d'années. Nous extrayons des *Annales Industrielles*, ces renseignements : les ponts de Culemborg, de Crèvecœur, de Bommel, le superbe pont de Moerdijk, comportent tous l'emploi de l'acier pour les croix de Saint-André et les pièces de ponts. Le métal de ces ponts est encore dur ; il ne doit pas casser à 60 kilogrammes à la traction, et à 50 kilogrammes au cisaillement.

État actuel. — Par ce qui précède, on voit que l'emploi de l'acier dans les ponts n'est pas une chose nouvelle et qu'il tend à s'imposer

pour les grandes portées. Il y a tendance aussi à employer du métal moins dur, mais on n'est pas allé assez vite et assez loin dans cette dernière voie. L'acier dur, en effet, demande des précautions toutes spéciales de fabrication pour que sa qualité soit assurée et pour que son homogénéité soit complète ; il en demande plus encore dans le travail à l'atelier, de sorte que l'emploi de l'acier plus doux se recommande tout naturellement, comme cela est arrivé pour les constructions navales.

Il y a, dans l'espèce, une autre raison de ne pas employer l'acier dur, recherché pour sa grande résistance. C'est que, voulant profiter de cette résistance, on réduit le poids du pont. Ainsi on se place dans de moins bonnes conditions au point de vue de la résistance à l'action et aux vibrations des charges roulantes qui sont souvent aussi considérables et plus considérables que le poids mort lui-même du pont.

M. Knut Styffe, directeur de l'Institut technologique de Stockholm, a, le premier, fait remarquer que le coefficient d'élasticité est à peu près le même pour l'acier et pour le bon fer. Il est admis aujourd'hui, pensons-nous, que le coefficient ou module d'élasticité est, pour l'acier, supérieur au plus d'un dixième au coefficient d'élasticité du fer. Ceci étant donné, il est facile de voir dans quels cas il y a lieu d'employer l'acier pour les ponts.

S'il s'agit de ponts de portée moyenne, supportant des charges accidentelles égales ou supérieures à leur propre poids, on ne voit pas, en l'état actuel du marché commercial de l'acier, que le nouveau métal s'impose. Où seraient ses avantages, puisque, faisant travailler le métal comme sa résistance le comporte, on aurait des flèches beaucoup plus grandes et des vibrations plus sensibles au passage des voitures ou des trains.

Mais, s'il s'agit de ponts où la légèreté est indispensable, comme par exemple les ponts tournants ou roulants, ou bien s'il s'agit de ponts à très grande portée, dont le poids est supérieur à la charge accidentelle, de ponts qui, dans l'opération du lancement, travaillent plus qu'en service, l'emploi de l'acier est absolument indiqué, bien entendu en faisant travailler le métal au delà de 6 kilogrammes. Pour les grands ponts, on a l'avantage de réduire les épaisseurs à river, pour lesquelles il ne faut pas dépasser un certain chiffre, sous peine d'avoir un rivetage défectueux.

Dans cet ordre d'idées, nous citerons comme application plus rationnelle de l'emploi de l'acier à la construction des ponts et ouvrages analogues, les travaux suivants exécutés par le Creuzot, dans ces dernières années :

1° Deux ponts tournants sur les bassins de Bordeaux, pesant environ 120 tonnes chacun. Ces ponts sont décrits en détail dans le numéro de mai 1883, des *Nouvelles Annales de la Construction* ;

2° Un pont tournant sur l'écluse de l'Orne à Caen ;

3° Des bateaux-portes pour les arsenaux maritimes français.

En tout, un emploi d'environ 1,500 tonnes.

Dans tous ces ouvrages, on a fait travailler le métal à 10 kilogrammes par millimètre carré, c'est-à-dire au cinquième de sa résistance à la rupture.

La qualité de ce métal est ainsi définie : limite d'élasticité, 25 kilogrammes ; résistance, 50 kilogrammes ; allongement, 20 pour 100 sur éprouvette de 100 millimètres, équivalent à peu près à 16 pour 100 sur éprouvette ordinaire de 200 millimètres.

Depuis le perfectionnement apporté par MM. Thomas et Gilchrist, au convertisseur Bessemer pour le traitement des fontes phosphoreuses par le procédé basique, la métallurgie de l'acier paraît entrer dans une nouvelle phase, au point de vue des prix et des centres de production.

Les pays qui paraissaient, il y a quelques années encore, destinés à disparaître comme grands centres sidérurgiques par suite de la vulgarisation de l'emploi de l'acier, sont appelés peut-être à devenir les centres de production les plus importants du métal fondu.

On parvient, en effet, à fabriquer l'acier avec des fontes très riches en phosphore (l'expérience industrielle en a été faite en Allemagne principalement), de sorte que les minerais phosphoreux, si répandus sur la Moselle, dans le Cleveland, et qui avaient été jugés absolument impropres à la fabrication des fontes à acier, sont devenus au contraire très aptes à cette fabrication. Il faut bien l'admettre, puisque les aciéries de Jœuf, près Longwy, appartenant à MM. de Wendel, ont passé, avec la Compagnie des chemins de fer de l'Est, un marché de

200,000 tonnes de rails en nouveau métal, à livrer à raison de 25,000 tonnes par an.

A côté de ces aciéries, existent les aciéries de Longwy, qui ont été mises en marche au mois d'avril de cette année et qui, depuis trois mois, donnent une production importante avec une marche normale par le procédé basique. Mais on n'a pas encore obtenu couramment des lingots homogènes, car il faut procéder avec soin au classement des aciers, par cette raison que, dans un même lingot de grand poids, on peut rencontrer et on rencontre souvent plusieurs qualités d'acier plus ou moins carburées.

Le nouveau métal fondu, appelé improprement acier déphosphoré, présente cette particularité, au point de vue de la composition chimique, que le métal demi-dur, prenant assez bien la trempe, ne contient que très peu de carbone, deux millièmes seulement, alors que le métal très doux en contient plus d'un millième. Cette faible différence dans la teneur en carbone, d'aciers très différents au point de vue des propriétés physiques, explique, en partie du moins, la difficulté d'obtenir de gros lingots bien homogènes.

Peut-être y a-t-il aussi, pour les aciers déphosphorés, un état physique différent, provenant d'une disposition moléculaire différente de celle des aciers produits couramment depuis plus de dix ans.

Mais, comme on ne peut nier le progrès dans tout procédé industriel, il est permis d'admettre que, dans un délai plus ou moins long, le fer déphosphoré sera produit sûrement à telle ou telle qualité déterminée, comme cela existe pour l'acier ordinaire.

L'emploi du métal fondu, déphosphoré ou ordinaire, sera tout indiqué dans la construction des ponts, le jour où le prix sera peu différent de celui du fer ; mais à la condition de suivre, dans l'emploi et dans la mise en œuvre, les prescriptions que nous avons fait connaître. Il faudra prendre des aciers doux, ne trempant pas, pouvant se forger facilement et ayant une résistance de 38 à 45 kilogrammes, c'est-à-dire 40 à 42 kilogrammes en moyenne.

Les calculs de résistance devront être établis dans les ponts ayant un gros poids mort par rapport aux charges accidentelles, en s'imposant la condition que le coefficient maximum du travail soit compris entre le quart et le cinquième de la rupture, c'est-à-dire égal à 9 kilos. Dans les ponts à faible poids mort, par rapport aux charges roulantes, le coefficient de sécurité doit être plus grand et les calculs de résis-

tance établis pour que le travail soit de $7^k,5$ seulement, compris entre le cinquième et le sixième de la rupture [1].

En un mot, le travail de l'acier, pour ponts, sera compris entre $7^k,5$ et 9 kilos, suivant les rapports proportionnels des charges mortes et des charges vives.

Il devrait en être de même, toutes proportions gardées, pour le travail du fer dans les ponts que le règlement fixe au chiffre invariable de 6 kilogrammes. Il vaudrait mieux qu'il pût varier, par exemple de 5 kilos et demi à 6 kilos et demi, suivant l'importance des charges vives par rapport aux charges mortes.

Nous dirons un mot de l'emploi de l'acier comme *solives de planchers*. Cette application n'a pas encore été faite, à notre connaissance du moins. On emploie des fers à double T à petites ailes, que les architectes font travailler à 8 1/2 et 9 kilos, c'est-à-dire au tiers ou au quart seulement de la rupture.

En l'état actuel de la métallurgie, on ne voit pas quels avantages pourrait donner l'emploi du métal fondu, déphosphoré ou autre, qui coûte plus cher que le fer. Il faudrait faire travailler le métal plus que le fer, à 11 kilos environ ; mais alors les planchers auraient le grave inconvénient d'être trop flexibles, c'est-à-dire de prendre, sous les charges, des flèches trop grandes, qui amèneraient des mouvements, et par suite des détériorations, dans les différentes parties du plancher, et notamment dans les plafonds.

Mais si nous considérons que des offres ont été faites, tout récemment, de fournir des aciers à planchers au prix de 21 francs les cent kilos, rendus franco en gare à Paris, nous devons ajouter que le jour n'est pas loin peut-être où les aciers du Nord ou de l'Est arriveront sur le marché au même prix que les fers ou avec un faible écart.

Un écart de prix assez important s'explique cependant par la plus grande difficulté de laminage, en raison du refroidissement plus rapide du métal fondu ; et puis, il y aura des soins à prendre, en forge, pour éviter la rupture des pièces sur les tables de refroidissement, par suite des tensions moléculaires qui seront surtout à craindre pour les profils double T, à larges ailes, d'inégales épaisseurs.

1. Il sera plus rationnel et plus exact de comparer le coefficient de travail à la charge limite d'élasticité plutôt qu'à la charge de rupture, lorsque l'usage sera bien établi de déterminer les deux charges dans les essais à la traction.

Lorsque les aciers profilés pour planchers existeront sur le marché, l'acier entrera dans la construction des édifices, en travaillant seulement à 9 ou 10 kilos par millimètre carré, c'est-à-dire à un coefficient s'écartant peu de celui auquel travaillent les fers à planchers d'aujourd'hui. Les mêmes profils, à petites ailes, seront donc conservés ; mais on retirera de l'emploi du nouveau métal l'avantage d'une plus grande résistance et d'un plus grand coefficient de sécurité, puisque le travail du métal sera compris entre le quart et le cinquième de celui que produit la rupture. Mais, par contre, on aura l'inconvénient d'être exposé à des ruptures de barres dans le travail sur le chantier, pour les manutentionner, les redresser et les trancher, ainsi que dans les manœuvres brutales du déchargement et de la mise en place.

CHAPITRE III

PIÈCES DE MACHINES

L'acier s'emploie depuis plus de vingt ans, pour la fabrication des pièces de machines. Nous citerons plus loin des essieux coudés de locomotive en acier Krupp, qui existent sur des machines de la Compagnie de l'Ouest, depuis 1860, et qui sont encore en service.

Parmi les pièces qui se font en acier dans les machines, il faut parler en première ligne des *arbres droits et coudés*.

Il a été dit, au Havre, qu'un grand constructeur anglais aurait déclaré ne pas vouloir, « pour l'honneur de sa maison, » employer des arbres en acier.

Nous nous permettons de dire que ce grand constructeur est bien peu au courant, même de ce qui se fait dans son pays. Il nous suffira, pour le démontrer, de citer l'opinion à ce sujet de l'ingénieur en chef du Lloyd's Register, M. Parker, qu'on ne peut se refuser à compter, en Angleterre, parmi les personnes les plus compétentes et les mieux à même d'être bien renseignées sur la question.

« Nous sommes d'avis, dit-il en terminant un rapport d'août 1882, sur l'emploi de l'acier en remplacement de fer forgé pour les arbres de machines, que, pourvu que l'acier employé soit de qualité convenable (doux), et qu'il soit bien travaillé au marteau, les arbres en acier forgé mériteront toujours plus de confiance et seront de toutes manières meilleurs que les arbres en fer ou en acier coulé. C'est leur prix d'acquisition excessif qui seul les empêche d'être universellement adoptés par la marine. »

Et ailleurs :

« Mais bien des gens ont eu en vue quelque chose de mieux que le meilleur des arbres en fer, et c'est ce qui a conduit la plupart des grandes compagnies à adopter les arbres en acier. »

(Communication à l'*Iron and Steel Institute*, mai 1883.)

Il ne sera pas sans intérêt de résumer ici les raisons que l'expérience et la comparaison des résultats acquis, ont permis à M. Parker de donner de sa préférence.

L'arbre en fer est une pièce comportant une très grande quantité de soudures. Il résulte forcément de la présence de ces soudures une certaine réduction de la force de l'arbre. De plus, c'est principalement par suite de l'existence d'un défaut de soudure local, que se produisent sur les portées les pailles longitudinales et les criques qui occasionnent si souvent l'échauffement des coussinets.

Quand il s'agit d'acier forgé, non seulement le métal est plus résistant et *plus ductile* que le fer forgé, mais l'absence de soudures et de petits défauts locaux permet aux tourillons de conserver une meilleure surface de frottement, et les ***arbres de ce genre s'échauffent moins en général et causent moins d'ennuis que ceux en fer.***

D'après M. Ravenhill, la première application de l'acier forgé à la fabrication des arbres coudés de marine remonte à 1865 ; mais le métal était beaucoup trop dur, il se criquait ; on y renonça pendant quelque temps. En 1873 se fit une nouvelle tentative, heureuse cette fois, celle des arbres du *Caspian*, fabriqués par MM. Vickers, de Sheffield.

Beaucoup d'entre vous se rappellent le magnifique arbre creux en acier pour navire à hélice, exposé en 1878, par sir Joseph Withworth. Cet arbre, de $10^{m},25$ de longueur, avait un diamètre extérieur de $0^{m},445$, un diamètre intérieur de $0^{m},29$. Il était en acier fondu, coulé sous pression et forgé à la presse hydraulique.

Sur l'usage qui se fait actuellement en Angleterre des arbres en acier forgé, nous donnerons les renseignements suivants relatifs aux fournitures faites par la maison Vickers, jusqu'au 31 décembre 1881. C'est cette maison qui passe pour fabriquer, en Angleterre, les arbres en acier forgé présentant le plus de garantie.

A cette date, 215 arbres coudés avaient été fournis, arbres à un et deux coudes, de toutes dimensions, dont l'un, celui de l'*Alaska*, pèse 25 tonnes.

Les arbres de la maison Vickers sont employés par l'Amirauté, les lignes Cunard, Juman, White Star, Allen Guion, Orient Steam, Peninsular et Oriental C°, Pacific Steam Union Mail, Geo Smidt Sons, etc.

Parmi les arbres fournis par la maison Vickers à la White Star C° de Liverpool, nous citerons les quatre arbres coudés des steamers de la ligne de New-York, *Britannic*, *Germanic*, *Adriatic* et *Celtic*, dont le tonnage varie de 3,800 à 5,000 tonnes, et qui, au 31 décembre 1881,

avaient déjà effectué jusqu'à vingt-deux voyages (*Britannic* et *Germanic.*)

L'*Oceanic*, de la même Compagnie, livré en mars 1880, avait fait, fin 1881, le voyage de Liverpool à San-Francisco, via Suez et plusieurs voyages transpacifiques. Le *Coptic* et l'*Arabic* sont également munis d'arbres en acier forgé.

En outre des deux maisons déjà citées et qui sont les plus importantes en Angleterre pour la fabrication, en acier fondu, des arbres et autres pièces de machines de marine, nous citerons aussi : la Bolton Iron and Steel C°, MM. Jessop et fils, MM. Spencer et fils, et la Steel C° of Scotland.

On voit par ce qui précède que l'opinion du constructeur anglais, rappelée au début, est loin d'être partagée par ses compatriotes et qu'elle est en contradiction formelle avec celle de la plupart des grandes Compagnies de navigation et des ingénieurs anglais les plus autorisés à traiter de cette question.

Pour ce qui est de l'emploi, en France, des arbres en acier forgé, nous avons eu communication des états de production de l'usine du Creuzot.

Le premier de ces états contient le tonnage annuel des pièces (arbres coudés, droits et divers) exécutées pour des appareils destinées aux constructions navales, Marine de l'État français et divers. Depuis 1869 jusqu'au 30 avril 1883, le Creuzot a livré 4,145 tonnes de pièces forgées en acier pour les constructions navales. Pendant les cinq premières années, la production totale n'a été que de 55 tonnes; mais, à partir de 1874-1875, la production annuelle s'élève depuis 102 tonnes jusqu'à 750 tonnes.

Le deuxième de ces états, que nous donnons ci-dessous, contient le tonnage par genre de pièces.

Sur les 4,141 tonnes livrées par le Creuzot,

Il y a	1,055	—	d'arbres coudés divers,
	999	—	d'arbres droits,
	2,087	—	de pièces diverses

de mécanisme (bielles, chapes, cercles, couronnes, mâchoires et tourtes pour joints à la cardan, coulisses et leviers de distribution, ébauches de forge, manivelles motrices, boulons, pièces de gouvernails, pistons à vapeur, tiges de pistons et traverses), le tout destiné aux machines marines.

PIÈCES DE FORGE EN ACIER (*Période de mai* 1869 *à avril* 1883).

Tonnage des pièces exécutées pour la construction d'appareils destinés à la navigation.

DÉSIGNATIONS		MARINE FRANÇAISE		Forges et Chantiers, Messageries maritimes, Chantiers de la Loire, Chantiers de la Gironde.		DIVERS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS		ENSEMBLE	
		Quantités.	Kilogrammes.	Quantités.	Kilogrammes.	Quantités.	Kilogrammes.	Quantités.	Kilogrammes.
1° Arbres coudés.	à 3 coudes et 2 plateaux	16	18,340	»	»	»	»	16	18,340
	à 3 — et 1 —	2	16,398	»	»	»	»	12	16,398
	à 3 —	16	21,671	6	93,163	»	»	12	114,834
	à 2 — et 1 plateau ou 1 fourche	8	18,925	»	»	2	7,214	10	26,139
	à 2 —	8	46,537	»	»	6	10,849	14	57,386
	à 1 — et 2 plateaux ou 2 fourches.	58	257,501	27	157,681	2	29,490	87	444,672
	à 1 — et 1 — ou 1 —	82	278,270	13	70,438	3	14,686	98	363,394
	à 1 —	1	900	3	12,033	1	1,196	5	14,129
	TOTAL	191	658,542	49	333,315	14	63,435	254	1,055,292
2° Arbres droits.	à 2 plateaux ou 2 fourches	20	76,110	40	252,459	18	6,239	78	334,808
	à 1 — ou 1 —	5	221,742	24	188,017	13	3,786	92	413,545
	sans plateaux ni fourches	10	104,439	19	138,646	2	7,280	31	250,365
	TOTAL	85	402,291	83	579,122	33	17,305	201	998,718
	ENSEMBLE DES ARBRES COUDÉS ET DROITS.	276	1,060,833	132	912,437	47	80,740	455	2,054,010
3° Diverses pièces.	Bielles et chapes; cercles, couronnes, mâchoires et tourtes pour joints à la cardan, coulisses et leviers de distrib.; ébauches de forge; manivelles motrices et boutons; pièces de gouvernails; pistons à vapeur, tiges de pist. et traverses; diverses pièces.	....	1,682,440				404,603		2,087,043
	TOTAL GÉNÉRAL	....	2,743,273		912,437		485,343		4,141,053

Dans la Marine française, les arbres d'hélice en acier ont été généralement adoptés pour les bateaux mis en chantier depuis huit ou dix ans. Jusqu'ici aucun de ces arbres n'a cassé, et ils présentent cet avantage de donner un frottement beaucoup plus doux et d'offrir des chances moindres d'échauffement dans les paliers. L'opinion des ingénieurs de la marine est tout à fait conforme à celle qu'ont exprimée M. Parker et M. Milton, ingénieurs du Lloyd anglais.

Enfin la grande aciérie allemande, la maison Krupp d'Essen, produit régulièrement, depuis plus de dix ans, des arbres droits et coudés pour des compagnies maritimes d'Allemagne, d'Italie, de Russie, de Hollande et d'Angleterre, parmi lesquelles nous citerons : la Compagnie des paquebots à vapeur de Hambourg-Amérique, le Lloyd de Brême, le Vulcan de Stettin, MM. Rubattino de Gênes, la Compagnie russe de navigation à Odessa, les Compagnies des paquebots à vapeur des Pays-Bas à Amsterdam, et MM. John Elder et Cie, de Glasgow.

Nous venons de voir à l'Exposition d'Amsterdam de magnifiques arbres en acier fondu (au creuset), exposés par la maison Krupp, dont trois, un droit et deux coudés, sont destinés aux Compagnies d'Amsterdam. Le quatrième est un arbre coudé pour un vapeur transatlantique à deux manivelles et à manchon de 0^{m},356 de diamètre aux coussinets, et de 7^{m},68 de longueur, forgé d'un seul lingot et pesant, parachevé, environ 9,000 kilogrammes. A côté de ces arbres se trouve un étambot en acier doux forgé, appelé fer homogène, lequel est destiné à la Marine royale des Pays-Bas.

D'après tout ce que nous venons de dire, il est hors de doute que l'emploi de l'acier est aujourd'hui assez généralisé pour la fabrication des pièces de machines marines.

Recherchons quelles sont les conditions dans lesquelles les arbres de marine sont construits, et quels sont les parcours que ces arbres ont déjà fournis.

Qualité et conditions d'emploi.

Les arbres coudés des machines sont soumis à des efforts souvent répétés, s'exerçant tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Il résulte de leur travail même, combiné avec leur forme présentant des chan-

gements brusques de direction, que les arbres coudés sont très fatigués en service. D'ailleurs, le graissage et l'entretien ne sont pas toujours faits avec les soins désirables, de sorte qu'il y a échauffement et quelquefois grippage.

Les arbres des machines marines sont très souvent exposés à une autre cause de détérioration. Lorsque, par suite d'un déplacement, quelque petit qu'il soit, du bâti de la machine par rapport à la ligne de l'étambot, ou bien lorsque, par suite d'une légère déformation de la coque du navire, la ligne des supports des arbres se trouve déréglée, il se produit alors des efforts anormaux, souvent très intenses, qui suffisent pour expliquer les faibles parcours des arbres de certains navires. Il y a aussi des systèmes de machines, à cylindres superposés par exemple, qui augmentent les chocs en faisant l'effet de pilons, et dont il convient, par conséquent, d'exclure l'emploi.

Il faut donc n'employer, pour la fabrication des arbres coudés, qu'un métal donnant les plus grandes garanties, au point de vue de la résistance et des efforts alternatifs souvent répétés. Mais il faut en outre veiller, lors de la construction, à ce que les arbres coudés soient montés convenablement et bien réglés avec le bâti. Enfin, il est important de déterminer avec soin le tracé des arbres et de donner des congés à grands rayons aux parties les plus fatiguées, soit dans la fabrication, soit en service.

Dans le but de diminuer les chances d'imperfection que présentent les grosses pièces de forge, les constructeurs moins bien outillés ont construit leurs arbres en autant de pièces qu'il y a de coudes. Aujourd'hui cette façon de faire est devenue presque générale.

Certains fabricants anglais sont allés plus loin dans cette voie, en livrant des arbres coudés *built up*, qui sont en trois pièces assemblées et même parfois cinq pièces. Ces arbres, du système Vickers, Turton, etc., ont l'inconvénient d'être beaucoup plus lourds que les autres.

En Angleterre, les fabricants se placent dans des conditions différentes, tant au point de vue du mode de fabrication qu'au point de vue de la qualité du métal.

MM. Vickers fils et C° fabriquent leurs arbres au four Siemens, en acier très doux donnant une résistance inférieure à 40 kilogrammes par millimètre carré, et un allongement allant jusqu'à 30 pour 100 sur 200 millimètres.

La Bolton C° préfère un acier moins doux obtenu au Bessemer ou

au Siemens-Martin, et dont la résistance est de 45 à 50 kilogrammes; le travail qu'elle donne par le forgeage est suffisant, dit-elle, pour donner aux arbres le degré voulu de ductilité.

A l'usine de sir J. Withworth, qui emploie un procédé spécial consistant à comprimer l'acier encore liquide et à le forger ensuite à la presse hydraulique, on admet qu'un acier un peu dur possédant une certaine ductilité est préférable à un acier doux. L'usine emploie, en conséquence, un métal résistant à 60 kilogrammes avec un allongement de 28 à 30 pour 100 sur 51 millimètres de longueur, lequel allongement correspond à 19 pour 100 sur la longueur d'éprouvette de 200 millimètres que nous avons adoptée comme type, et à laquelle, sauf indication contraire, nous rapportons tous les allongements.

Chez MM. Jessop et fils, on a l'opinion que la fabrication au creuset peut seule donner la parfaite homogénéité, c'est-à-dire l'uniformité absolue de composition en tous les points du lingot. On y fond donc en creusets des matières de choix, fer de Suède cémenté par l'ancien procédé, pour obtenir les arbres coudés en acier coulé, sans avoir besoin d'être forgés. Deux éprouvettes prises dans un moulage ont donné une résistance de 38 kilogrammes et de 44 kilogrammes, avec des allongements très faibles inférieurs à 6 pour 100. MM. Jessop fabriquent leurs moulages par le procédé de Turton, qui exclut le forgeage et même une opération spéciale de recuit.

Chez MM. Spencer et fils, on fait aussi les arbres coudés en acier moulé, non forgé, provenant d'un four Siemens; mais on fait subir aux pièces un recuit prolongé pour les maintenir longtemps à une température uniforme, en les laissant ensuite se refroidir très lentement. Un essai sur une éprouvette, prise dans un arbre, a donné 37 kilogrammes de résistance avec un allongement de 20 à 21 pour 100.

La Steel C° of Scotland emploie le procédé de Terre-Noire pour la fabrication, au four à gaz, des pièces en acier coulé, qui sont ensuite recuites. La résistance a été de 44 à 47 kilogrammes, avec un allongement de 9 pour 100 pour une éprouvette, et de 13 pour 100 pour l'autre.

En résumé, chaque fabricant anglais a son *modus faciendi*, et l'opinion de chacun est différente de celle de tout autre, tant en ce qui concerne la qualité du métal que pour ce qui concerne le traitement à lui faire subir.

En Allemagne, la maison Krupp emploie un procédé analogue à celui qui est mis en usage par MM. Jessop fils et C°, ou, pour mieux parler, ce sont ces derniers qui ont pris exemple sur l'aciérie d'Essen. Elle fabrique ses arbres coudés en acier au creuset un peu dur, de qualité plus certaine et plus homogène que celle que l'on peut obtenir par les procédés Bessemer ou Martin-Siemens, à moins qu'il ne s'agisse d'aciers doux. Mais, à l'encontre de la pratique de MM. Jessop, la maison Krupp forge ses arbres en les soumettant à un martelage énergique, de même qu'elle travaille les pièces destinées à faire des bouches à feu. La résistance à la rupture du métal employé varie de 50 à 60 kilogrammes par millimètre carré, et l'allongement est de 15 pour 100 sur des barrettes de 100 millimètres de longueur.

La Marine française demande aujourd'hui ses arbres coudés en métal doux forgé. Des barreaux provenant de la pièce elle-même sont tournés à un diamètre de 14 millimètres. Essayée à la traction, avec une longueur de 100 millimètres seulement entre repères, leur charge de rupture doit être comprise entre 35 et 45 kilogrammes, avec un allongement qui ne peut, en aucun cas, être inférieur à 20 pour 100. Pour les charges comprises entre 35 et 40 kilogrammes, l'allongement doit augmenter d'un centième pour chaque kilogramme en moins de 40 kilogrammes, de sorte qu'à la résistance minimum de 35, l'allongement doit être d'au moins 25 pour 100.

Sur le métal des arbres, la marine fait des essais de trempe analogues à ceux que subissent les tôles de chaudière. Les barrettes ayant une section de 30×10, trempées au rouge cerise dans l'eau à 28°, doivent pouvoir être pliées en deux, de manière que les deux parties soient appliquées l'une contre l'autre au contact, sans présenter des traces de rupture.

Les arbres coudés français sont en acier fabriqué par le procédé Martin-Siemens, soumis à un forgeage énergique sous l'action des puissants marteaux qui sont montés aux usines du Creuzot et de Saint-Chamond.

La Marine française emploie donc la même qualité et le même procédé de travail métallurgique que la maison Vickers. C'est donc un métal très doux qui a été adopté en dernier lieu ; mais il faut remarquer que les diamètres ont été, à très peu de chose près, conservés les mêmes que dans le cas de pièces en fer forgé.

Dans ces conditions, il n'y a encore jamais eu une seule rupture

d'arbre coudé d'hélice, tant à bord des cuirassés mis en chantier depuis huit à dix ans et mis en service depuis cinq ans, que sur les grands transports de Cochinchine, construits depuis 1877, et dont les arbres ont été fournis en majeure partie par les usines du Creuzot.

Parcours fournis par les arbres de marine.

Nous ne pouvons pas donner, sur la question des parcours, des chiffres aussi nombreux que nous l'aurions voulu; les publications qui ont été faites en Angleterre ou ailleurs sont, à notre connaissance du moins, pour ainsi dire muettes sur ce point important.

Voici un tableau des parcours faits au 31 décembre 1881 par quatre arbres coudés fournis par la maison Vickers à la White Star C°, de Liverpool. Tous ces arbres étaient intacts à la susdite date.

ARBRE COUDÉ	PUISSANCE de la machine	NOMBRE de voyages sur New-York	PARCOURS FAITS en milles
Du *Britannic*..........	5.000	22	136.400
Du *Germanic*..........	5.000	22	136.400
Du *Adriatic*..........	3.500	9	55.800
Du *Celtic*............	3.500	5 1/2	34.100

Nous trouvons dans la publication faite par la maison Krupp à l'occasion de l'exposition de Düsseldorf, en 1880, les parcours suivants faits par quatre arbres coudés sortant des ateliers d'Essen et montés sur les paquebots de la Compagnie d'Hambourg-Amérique. L'un de ces arbres, celui du steamer *Frisia*, figurait à l'Exposition même, après avoir fourni un parcours de 262,000 milles marins, depuis juillet 1872 jusqu'à juillet 1877. Son diamètre est de 406 millimètres, sa longueur de 7^m, 30 et son poids de 11,500 kilogrammes.

ARBRE COUDÉ	DURÉE de service	NOMBRE DE TOURS (en millions)	PARCOURS en milles
Du *Vandalia*..........	9 ans	112	345.500
Du *Suevia*...........	5 ans	77	269.100
Du *Frisia*...........	5 ans	67	262.000
Du *Cimbria*..........	7 ans	49	198.050

Le dernier de ces paquebots hambourgeois est celui qui a été

abordé, il n'y a pas longtemps, par le vapeur anglais *le Sultan*, et qui a coulé en entraînant avec lui dans l'abîme un nombre de voyageurs sans précédent.

Voici maintenant des chiffres que nous avons pu nous procurer à des sources autorisées, et nous remercions M. Audenet, notre collègue, de nous avoir communiqué les tableaux de parcours de quelques arbres de la Compagnie Transatlantique, de sorte qu'il est possible d'avoir quelques chiffres comparatifs de parcours des arbres coudés en fer et en acier.

Tout d'abord indiquons le parcours, jusqu'au 31 juillet 1883, de cinq arbres coudés en acier toujours en service, à bord de cinq transports de la Marine française. Depuis cette époque, par suite des circonstances, les parcours de ces arbres ont beaucoup augmenté. Ils sortent des ateliers du Creuzot.

NOM DES NAVIRES	PUISSANCE indiquée en chevaux (aux essais)	DIAMÈTRE des arbres	PARCOURS en milles
Tarn	1.634	320	120.000
Annamite	2.700	360	143.000
Mytho	2.640	360	85.800
Tonkin	2.640	360	85.800
Shamrock	3.027	370 et 360	57.200

Les cuirassés avec arbres en acier ont de faibles parcours, ils sont à deux hélices à l'exception du *Redoutable*, de sorte que leurs arbres sont doubles, avec un diamètre qui varie depuis 0^m, 29 jusqu'à 0^m, 40. L'arbre du *Redoutable* a 0^m, 46 de diamètre.

La Compagnie Transatlantique possède quatre paquebots qui sont pour ainsi dire identiques. Leurs machines doubles sont absolument les mêmes, du type Maudslay et Field de Londres, ayant une puissance indiquée de 3,300 chevaux aux essais, fournissant en service une puissance de 2,300 à 2,600 chevaux. Les arbres sont à deux coudes et en deux pièces, de sorte que chaque pièce de 3^m,91 de longueur porte un coude, ayant un diamètre de 412 millimètres et un poids de 6 tonnes environ pour le demi-arbre.

Sur ces quatre paquebots, *Amérique*, *France*, *Labrador*, *Canada*, nous pouvons fournir les parcours des arbres depuis janvier 1874 jusqu'en juin 1882. L'un de ces arbres en acier, fourni par le Creuzot au

mois de juin 1876, a été en service sur l'*Amérique* de juillet 1877 à novembre 1880, époque à laquelle il a cassé à Saint-Nazaire. Tous les autres arbres sont en fer et ont été fournis par des fabricants anglais, à l'exception des deux derniers fournis par MM. Marrel frères ,de Rive-de-Gier, qui ont été en service sur la *France*.

Nous ne donnerons les parcours que pour les demi-arbres d'arrière transmettant par conséquent la force des deux machines.

NOM DES NAVIRES	DATE de la mise en service	DATE de la condamnation	PARCOURS en milles
Amérique	Janvier 1874	au 7e voyage	43.000
France..............	Novemb. 1874	Janvier 1876	55.800
Labrador............	Novemb. 1875	Août 1881	291.400
Canada..............	Avril 1876	au 8e voyage	50.000
Amérique............	Janvier 1876	—	49.600
France..............	Avril 1876	Juin 1881	196.000
Amérique (acier).....	Juillet 1877	Novemb. 1880	161.900
France..............	Juin 1878	Juin 1882	167.000
France..............	Mai 1880	Mai 1882	111.600

Les deux derniers arbres du précédent tableau sont ceux qui ont été fournis par MM. Marrel ; chacun d'eux a été en service, partie en avant partie en arrière. L'arbre de 1878 a fait 93,000 milles à l'avant et 74,000 à l'arrière ; l'autre sur le parcours total de 111,600 milles, a fait 68,200 à l'avant et 43,400 à l'arrière.

La mise hors de service de presque tous les arbres a été motivée par des craqures au tourillon, à l'intersection du corps de l'arbre avec la joue du coude-manivelle.

Depuis 1880 tous les arbres mis en service ont été fournis par des fabricants anglais, y compris le gros arbre de la *Normandie* qui est en trois pièces, à un coude chacune, de 3m,53 de longueur et de 0m,570 de diamètre avec 0m,600 pour l'arbre porte-hélice. C'est la *Mersey forge limited* qui a fourni les derniers arbres des transatlantiques français.

Il nous reste à faire connaître les parcours sur un paquebot, *le Saint-Laurent*, qui a une machine spéciale de même puissance que celle des quatre paquebots ci-dessus, et sur laquelle la Compagnie a essayé un arbre en acier. Dans un espace de moins de six ans, de 1876 à 1882, ce paquebot a consommé six arbres, cinq en fer et un en acier, savoir :

1er arbre (français), en fer.	37,200	milles.
2e arbre (français), en acier.	31,200	milles,
3e arbre (anglais), en fer.	109,200	milles.
4e arbre (français), en fer.	146,400	milles.
5e arbre (anglais), en fer.	31,000	milles.
6e arbre (anglais), en fer.	49,600	milles.

Il est à remarquer que l'arbre en fer qui a fourni le plus grand parcours est un arbre sortant des forges de MM. Marrel à Rive-de-Gier, et que deux arbres ont donné le plus faible parcours, l'arbre en acier du Creuzot, livré en 1876, et un arbre en fer anglais. Mais, en présence des mises hors de service aussi rapprochées l'une de l'autre, il faut admettre et on admet aujourd'hui qu'il y a une cause qui tient à la construction incorrecte de la coque ou de la machine. On ne doit donc pas considérer le *Saint-Laurent* comme étant dans une situation normale ; il convient par suite, pour faire le calcul du parcours moyen, de laisser de côté les chiffres donnés par ce bateau.

En ne considérant que les neuf arbres identiques portés au précédent tableau, on trouve que le parcours moyen pour les huit arbres en fer a été de 120,000 milles, le parcours de l'arbre unique en acier français a été de 161,009 milles. L'avantage a été pour l'acier, mais la Compagnie Transatlantique est arrivée à une conclusion contraire, en faisant entrer de compte le prix des arbres en acier qui est double environ de celui auquel les forges anglaises livrent aujourd'hui les arbres en fer. Ceux-ci se vendent seulement 1 fr. 75 à 1 fr. 85 le kilogramme, tournés et ajustés ; le bas prix les a fait préférer aussi aux arbres en fer français de MM. Marrel, qui sont cependant bien meilleurs comme le prouvent les chiffres ci-dessus, mais qui ne peuvent s'établir qu'au prix de 2 fr. 50 à 3 francs le kilogramme.

Pour faire un compte exact, il eût fallu comparer les arbres montés sur le même bateau l'*Amérique*, et alors on eût trouvé que l'arbre en acier était beaucoup plus économique puisque son parcours a été plus que triple du parcours moyen des deux arbres en fer qui l'avaient précédé. En présence de ce résultat, il est permis de s'étonner que la Compagnie Transatlantique n'ait pas jugé à propos de placer sur un autre bateau, un arbre en acier pour le comparer aux arbres en fer du même bateau, car c'est seulement dans ces conditions que la comparaison est exacte.

Il eût fallu aussi tenir compte des avantages des arbres en acier que M. Parker a fait connaître, et de l'intérêt qu'il peut y avoir, à un moment donné, à trouver en France même, les usines habituellement chargées de l'approvisionnement des pièces de rechange.

En définitive, l'expérience des arbres en acier sur les paquebots transatlantiques français n'a pas été complète, en présence surtout des progrès considérables accomplis depuis cinq ou six ans, dans le travail des gros lingots, par l'installation, principalement en France, de puissants outils de forgeage qui n'existaient pas lorsqu'ont été fabriqués les deux arbres en acier de l'*Amérique* et du *Saint-Laurent*.

Pour terminer ce qui concerne les parcours des arbres et la durée de leur service, nous donnons ci-après le tableau des principaux arbres droits en acier, en service aux usines du Creuzot :

DÉSIGNATION de la MACHINE	Puissance de la machine	Nombre de tours de la machine	POIDS du volant	DÉSIGNATION de L'ARBRE	DIAMÈTRE de l'arbre aux portées	DISTANCE des appuis	DURÉE DU SERVICE
	ch.		tonnes.		millimètres.	m.	
Soufflante N° 2.......	175	12	45	Moteur.	410	3	11 ans — encore en service.
— 3.......	175	12	45	—	410	3	— —
— 4.......	175	12	45	—	410	3	— —
Machine train à bandages.	280	42	27	Moteur droit à manivelles calées.	315	2.920	8 ans et demi —
— .	280	42	Volant à engrenages. Poids des roues d'engrenages 25 t. 5.	2 arbres droits de commande des laminoirs.	280	3	— —
— .	280	42	Poids de la roue d'engrenage 9 t. 5.	1 arbre droit de la transmission intermédiaire.	280	3	— —
— .	280	42	Poids de l'engrenage 12 t. 5.	1 arbre droit de commande du finisseur.	250 et 280	4.460	— —
— .	280	42		—	250	2.475	— —
— .	280	42		1 arb. droit du préparateur.	250 et 310	1m010 et 3m370 3 appuis	Cet arbre a été remplacé en 1882 pour cause d'usure.
Machine N° 1 Puddlage.	200	65	23	1 arb. mot. portant volant.	320	2.335	10 ans et demi — La machine ne marche plus depuis trois ans environ.
— 2 — .	200	65	23	—	320	2.335	11 ans — en service actuellement
— 3 — .	200	65	23	—	320	2.335	9 ans —
— 4 — .	200	65	23	—	320	2.335	5 ans et demi —
— 3 Mills.....	300	100	22	Arbre du volant.	320	3.200	9 ans et demi —
— 1 Mills.....	300	150	15	—	260	3.200	5 ans et demi —
— 9 Tôlerie...	400	65	40	Arbre moteur portant volant.	360	2.490	11 ans et demi — cette machine a été remplacée tout récemment par la suivante — l'arbre était en parfait état.
Machine Corliss.......	600		50	—	420 et 395	2.730	Vient d'être mis en service.

Il y a donc au Creuzot une application importante de l'acier à des arbres, pour la plupart très fatigués, puisqu'ils sont placés sur des machines de trains soumises aux efforts brusques et intenses qu'exige le travail des lingots et des pièces fabriquées dans les usines métallurgiques.

Est-il préférable de faire les arbres en acier ?

La question à laquelle nous allons essayer de répondre est fort controversée et, jusqu'à ce jour, le plus grand nombre des arbres coudés des machines marines se font en fer forgé.

Que reproche-t-on aux arbres en acier ?

1° Leur prix beaucoup plus élevé ;

2° Le danger plus grand de ruptures brusques que rien ne permet de prévoir.

Voilà bien les deux griefs.

Nous avons fait connaître déjà la différence très grande, trop grande, qui existe entre le prix des arbres en fer et en acier. Cette différence diminuera au fur et à mesure que l'usage des arbres en acier se généralisera ; les fabricants baisseront leurs prix quand ils auront amorti en grande partie, les outillages puissants et coûteux que la fabrication des arbres en acier a rendus nécessaires ; d'ailleurs dans toute fabrication difficile, les moyens se perfectionnent en se simplifiant et en coûtant moins cher.

Nous avons l'opinion que cette question de prix ne sera plus un obstacle pour l'adoption des arbres en acier, lorsque leur plus grand parcours et leur meilleur service, de nouveau constatés, conduiront à cette conclusion que, malgré leur prix plus élevé, les arbres en acier sont, en fin de compte, plus économiques que les arbres en fer.

Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que, pendant le remplacement d'un arbre, le navire se trouve immobilisé ; il est dans l'impossibilité de continuer son service et peut priver ainsi l'armateur d'une recette importante, en ne lui permettant pas, par exemple, de faire un voyage de plus dans son année. Pour cette raison, il y a intérêt à distancer le plus possible les époques auxquelles il faut procéder au remplacement des arbres et on comprend très bien que l'avantage d'employer une pièce plus durable se trouve plus grand que celui qui se calcule par la proportionnalité des parcours.

Le premier grief concernant la différence de prix disparaîtra avant peu, nous en avons la conviction.

Mais il reste le deuxième grief consistant dans le danger plus grand de ruptures brusques qui ne s'accusent pas d'avance, comme pour les arbres en fer, par des craqures et des fissures très apparentes que l'examen de la pièce permet de découvrir facilement. Il est vrai que quelques arbres en acier, de marine ou non, ont donné des ruptures que rien ne faisait prévoir.

Ce danger, il a existé aussi pour les tôles d'acier et autres pièces laminées entrant dans les constructions navales. Mais il n'existe plus, depuis que la parfaite homogénéité des produits a été obtenue, c'est-à-dire depuis trois ou quatre ans. Les très nombreux essais de réception des tôles ont prouvé et prouvent d'une façon évidente et incontestée que toutes les aciéries importantes peuvent, à leur gré, faire telle ou telle qualité requise, s'il s'agit surtout de métal doux, plus facile à faire homogène qu'un métal moyen ou dur.

L'homogénéité des arbres et des grosses pièces de mécanique existe-t-elle aujourd'hui? Voilà le gros point noir de la question, le point sur lequel les opinions sont bien différentes.

Il y a deux espèces d'arbres coudés d'acier : les arbres forgés et les arbres moulés.

Pour les arbres forgés, des ingénieurs fort compétents disent, en Angleterre et en France, que les gros lingots ne sont pas homogènes et que le forgeage ne corrige pas complètement ce défaut d'homogénéité, surtout quand les arbres sont de gros diamètre. L'action du marteau ne se fait pas sentir assez profondément dans la masse et si cette action est très forte, elle est de nature à altérer le métal vers sa surface.

Quant à la non-homogénéité des lingots, autrement dit quant à leur hétérogénéité, il a été reconnu par des analyses, disent-ils, que le carbone ne se répartit pas également dans la masse fondue ou n'y existe pas au même état, tant dans le sens de la hauteur que dans le sens de l'épaisseur. Or, le travail ne corrigeant pas entièrement ce défaut, la pièce est exposée à des ruptures, à des cassures contre lesquelles on ne peut se prémunir.

Pour les arbres moulés, l'objection de l'hétérogénéité reste entière, malgré les soins spéciaux apportés dans le choix des matières et dans la fabrication. D'ailleurs, les pièces moulées ne sont pas en métal

assez doux, assez ductile ; on est dans l'obligation de les faire en métal plus dur et plus fusible avec lequel, seulement, on peut obtenir des pièces saines, exemptes de soufflures.

Voilà les objections présentées. Elles sont sérieuses.

Nous pensons, quant à nous, qu'il faut obtenir absolument une homogénéité parfaite. Elle est indispensable pour des pièces en mouvement soumises à des chocs. Si un seul point est hétérogène, il n'y a plus équilibre parfait entre les molécules. De là, une rupture probable ou tout au moins possible, sous un très faible effort ou sous un choc peu intense.

Il vaut mieux avoir partout et uniformément une matière médiocre, que d'avoir un métal bien meilleur au sein duquel n'existent pas l'homogénéité et l'harmonie des molécules. Celles-ci, au lieu d'être en état de paix, sont, permettez-nous la comparaison, à l'état de guerre civile imminente.

Dans le fer, l'homogénéité n'existe pas, puisque la masse se trouve divisée par des matières interposées ; mais, par cela même, il ne se produit pas les mêmes ruptures brusques. Les tensions anormales entre les molécules qui amènent ces ruptures n'existent pas dans le fer, puisque les molécules sont séparées les unes des autres ; elles forment une espèce de faisceau, mais non une masse compacte, discontinue, comme dans une matière obtenue par fusion.

Dans l'acier, l'hétérogénéité est un défaut grave, soit qu'elle provienne d'une constitution différente d'un point à un autre, soit qu'elle ait été produite par des opérations qui ont rompu l'équilibre moléculaire. Pour faire comprendre l'état dans lequel est une pièce fondue hétérogène, il suffit de prendre pour exemple la larme batavique en verre, dans laquelle cet état est exagéré, et dont toute la masse se pulvérise, aussitôt qu'en un point se produit une petite cassure.

La cause prédominante de la non-homogénéité des grosses pièces en acier, ce sont les tensions moléculaires qui se produisent, d'abord dans le refroidissement qui suit la coulée, et ensuite dans les opérations de chauffage et de refroidissement successifs. Il y a des différences très grandes entre la température du sein de la masse et celle de la périphérie ; ces différences amènent des tensions anormales qu'il est bien difficile de corriger complètement, soit par le forgeage, soit par le recuit, lorsqu'il s'agit de très grosses pièces.

Le forgeage, quand il s'exerce sur des pièces ne dépassant pas 25 centimètres environ de diamètre ou d'épaisseur, leur donne une homogénéité parfaite, incontestée, si le poids du marteau est suffisant et s'il a été fait un choix judicieux des dimensions des blocs. Les pièces petites et moyennes peuvent être chauffées à cœur sans dépasser à la surface la température voulue ; l'action du marteau se transmet jusqu'à la partie centrale et le refroidissement lent, après les opérations du martelage, laisse les molécules dans un état normal. Mais s'il s'agit d'arbres dont le diamètre dépasse 25 à 28 centimètres, les opérations de chauffage et de refroidissement ne peuvent pas se faire avec régularité parfaite au sein de toute la masse, et il est permis de conclure que, malgré l'action énergique des puissants marteaux existant, en France principalement [1], l'homogénéité complète dans l'état des molécules n'est pas toujours obtenue.

Les conditions dans lesquelles s'effectue le recuit des pièces moulées, donnent lieu à des observations analogues. On comprend que les précautions à prendre doivent être d'autant plus grandes que le diamètre ou les épaisseurs sont elles-mêmes plus grandes ; mais, au delà d'une certaine dimension, et malgré des recuits très prolongés, s'exerçant même sur des aciers au creuset, les molécules présentent souvent des tensions anormales qui expliquent les ruptures de pièces sous un effort très faible, bien éloigné de celui qui produirait la rupture avec un état moléculaire normal.

A ce propos, nous rappelons ce qui nous a été dit tout dernièrement, au sujet des essais qui ont été faits sur des pièces moulées de très grandes dimensions destinées à l'élévateur hydraulique des Fontinettes. La rupture d'une virole s'est produite sous une pression correspondant à une tension de 16 kilogrammes seulement par millimètre carré, sans allongement sensible, alors que les barreaux d'essai, coulés avec le même métal, avaient donné une résistance de 50 kilogrammes avec 8 pour 100 d'allongement.

Pour arriver plus sûrement à l'homogénéité parfaite des gros arbres coudés ou droits, nous proposons :

De rendre les arbres creux, après leur forgeage, en pratiquant une

1. Le marteau le plus puissant existe au Creuzot. Il pèse aujourd'hui 100 tonnes avec 5 mètres de levée et une fondation sur rocher. Vient ensuite le marteau de Saint-Chamond qui pèse 80 tonnes, et enfin viennent après ceux de Krupp, de Woolwich, de Perm et d'Aboukoff qui pèsent 50 tonnes environ, 60 tonnes au maximum.

cannelure annulaire qui produira un vide, dont le diamètre sera égal à la moitié environ du diamètre extérieur de l'arbre ou du tourillon.

De recuire ensuite les pièces, ainsi perforées de part en part, dans leurs parties cylindriques.

Les parties formant manivelles peuvent avoir une épaisseur assez réduite, pour écarter tout soupçon de tensions moléculaires. D'ailleurs on pourrait les forger plus convenablement et plus facilement si le système de construction, d'assemblage, dit *built up* en Angleterre, passait dans le domaine de la pratique.

On obtiendra ainsi des arbres absolument homogènes, quel que soit leur diamètre ; on aura éliminé, en effet, les molécules qui ne vivaient pas en bonne harmonie avec leurs voisines et qui ne demandaient qu'à être séparées d'elles. Enfin on aura rendu possible un recuit, fait dans les meilleures conditions pour obtenir un état moléculaire parfaitement stable. Nous estimons que l'on pourra avoir plus de confiance dans la résistance de l'arbre creux à la torsion et à la flexion que dans celle de l'arbre plein moins homogène et moins bien recuit.

Le prix des arbres restera sensiblement le même, parce que les frais de forage seront compensés par la valeur du cylindre qui aura été détaché par l'outil et qui, après un nouveau martelage, pourra faire un arbre, petit ou moyen, de très bonne qualité.

Les arbres creux de marine présenteront l'avantage de la diminution du poids; celui-ci ne sera plus que les trois quarts du poids de l'arbre plein. En outre de l'intérêt qui s'attache à opérer une réduction dans le poids considérée en elle-même, il y a, dans bien des cas, ces deux autres avantages, de diminuer l'inertie des pièces mobiles qui s'oppose à la vitesse de rotation, et de faciliter les arrêts brusques et les mises en marche rapides, lesquels sont d'autant plus faciles que les pièces en mouvement sont plus légères. Ce dernier avantage est bien important en cas de collision ou d'abordage.

Les arbres creux ne présentent donc pas d'inconvénients par rapport aux arbres pleins, et ils ont l'incontestable avantage d'une homogénéité plus parfaite et évidemment plus certaine.

Or, le défaut de non-homogénéité est capital pour les pièces en mouvement ; nous croyons l'avoir démontré surabondamment. C'est ainsi que nous expliquons l'accident survenu à l'arbre du *Faraday*,

cité par M. Parker. Cet arbre forgé, sortant de la Bolton C°, a cassé après quelques mois de service et cependant il était bien sain, bien corroyé au martelage ; le métal, aux essais comparatifs, avait donné les meilleurs résultats au point de vue de la résistance à la flexion ; il n'avait cassé qu'après avoir pris un allongement très important. C'est à l'hétérogénéité du métal qu'il faut attribuer la rupture en service et non à la qualité moins douce.

Nous ne pouvons pas oublier, en effet, que les arbres Krupp ont une supériorité incontestée, et cependant le métal est plus dur que celui de l'arbre du *Faraday*. Il est à peu près de la même qualité que le métal à canon, à la fois résistant et ductile, puisqu'il résiste, sans des déformations appréciables, à des pressions et à des chocs considérables. La supériorité des arbres d'Essen provient, avant tout et surtout, de la parfaite homogénéité des produits fondus au creuset, sortant de cette usine.

Notre conclusion au point de vue de la qualité qu'il convient d'employer, c'est de se rapprocher de la qualité du métal à canons, puisqu'il faut que le métal des arbres coudés résiste dans des conditions assez analogues ; néanmoins il convient d'avoir une qualité plus douce, correspondant à une résistance d'environ 45 à 50 kilogrammes, avec un allongement important à la suite d'un martelage énergique. On y arrivera en forgeant les arbres avec des blocs suffisamment gros et à l'aide de marteaux suffisamment puissants et, à ce propos, nous rappelons que c'est la France qui est le plus puissamment armée.

Il convient d'établir les arbres en acier au même diamètre que les arbres en fer, lesquels, d'ailleurs, résistent à la flexion à peu près aussi bien que les arbres en acier doux. On obtiendra ainsi plus sûrement un meilleur frottement et un danger beaucoup moins grand d'échauffement, c'est-à-dire les deux avantages qui ont été constatés par le Lloyd anglais et par la Marine française. Il nous est permis d'en signaler un troisième qui est la conséquence des deux premiers, c'est l'avantage d'une dépense moins grande en combustible, toutes autres choses étant égales.

Dans les conditions que nous avons conseillé d'adopter, les arbres creux en acier forgé seront, pensons-nous, préférables aux autres arbres en acier ; mais ils seront certainement, et à tous les points de vue, incomparablement supérieurs aux meilleurs arbres en fer forgé.

Essieux de locomotives et de wagons.

Nous avions la pensée, en commençant cette étude, de parler avec quelques détails des essieux droits et coudés de wagons et de locomotives; mais, en présence de l'étendue qu'a déjà prise, malgré nous, cette étude, nous renonçons à traiter de l'application de l'acier aux essieux, parce qu'elle a, au surplus, une très grande analogie avec celle dont nous venons de parler au cours du présent chapitre.

Nous préférons terminer en parlant d'une application toute différente du domaine aussi de la mécanique, celle qui concerne les chaudières à vapeur. Qu'il nous soit permis néanmoins de présenter quelques observations et quelques chiffres.

Aujourd'hui, tous les *essieux coudés* se font en acier; ils sont, sous tous les rapports, bien supérieurs aux essieux en fer, et même beaucoup plus économiques, malgré leur prix élevé; mais, en fait d'essieux de locomotives, le prix ne doit pas entrer et n'entre pas en ligne de compte. Leur parcours dépasse en moyenne 300,000 kilomètres, tandis que les essieux coudés en fer ne fournissaient guère qu'un parcours de 30,000 à 50,000 kilomètres. Sur quarante essieux coudés fournis par Krupp à l'Ouest, de 1860 à 1868, il y en a encore vingt-quatre en service qui ont déjà fourni un parcours moyen de 470,000 kilomètres, avec un minimum de 276,000 et un maximum de 740,000 kilomètres.

Les *essieux de wagons* se font en acier ou en fer, mais la supériorité des essieux en acier est aujourd'hui incontestable et, nous pourrions dire, incontestée, s'il n'y avait encore quelques ingénieurs qui ne l'ont pas reconnue en ne faisant pas adopter par leur compagnie les essieux en acier. Ceux-ci sont devenus aujourd'hui au même prix et même moins chers que les essieux en fer. Aussi certaines compagnies de chemins de fer, celle de l'Ouest, par exemple, qui est entrée la première dans la voie nouvelle, emploient-elles aujourd'hui exclusivement les essieux en acier.

CHAPITRE IV

CHAUDIÈRES A VAPEUR

Le fer est le métal qui, jusqu'à ces dernières années, a été presque exclusivement employé pour la fabrication des chaudières à vapeur. Dans quelques parties, soumises à des dilatations et des contractions exceptionnelles, le cuivre remplace parfois le fer; enfin l'acier a été employé depuis vingt à vingt-cinq ans avec plus ou moins de succès.

Historique de l'emploi de l'acier. — Une chaudière en acier fondu figurait à l'Exposition universelle internationale de 1855, présentée par MM. Jackson frères, Petin, Gaudet et Cie. A la suite de cette exposition, les constructeurs furent autorisés à employer l'acier en réduisant d'un tiers les épaisseurs fixées par l'ordonnance de 1843.

Mais, quelques années après, le 26 juillet 1861, sur l'avis sans doute de la commission centrale des machines à vapeur, parut une circulaire ministérielle permettant une réduction de moitié dans les épaisseurs, à la condition d'*avoir au moins* 60 *kilogrammes de résistance* à la rupture et 1/15 d'allongement, soit 6,6 pour 100, sans qu'il fût question de longueur d'éprouvette. Pour les locomotives, cette réduction permise conduisait au tiers seulement des épaisseurs de 1843, puisqu'une ordonnance du 30 novembre 1852 avait autorisé de construire les chaudières des locomotives aux deux tiers seulement des épaisseurs réglementaires, à la condition de poser deux rangs de rivets sur les joints.

La marine française et deux compagnies de chemins de fer, le Midi et l'Orléans, se décidèrent bientôt après à adopter l'acier pour la construction de leurs chaudières.

De 1861 à 1864, les chaudières des trois frégates cuirassées *Provence, Revanche* et *Savoie*, furent commandées à la Société des forges et chantiers de la Méditerranée. Dans ces chaudières, les ciels, les faces verticales et les cendriers des foyers étaient en tôles d'acier de 8 milli-

mètres, ainsi que les ciels, les faces verticales opposées aux plaques à tubes et les faces verticales latérales dans les boîtes à feu. Les plaques tubulaires elles-mêmes étaient en tôles d'acier de 12 millimètres ; enfin le rivetage de toutes ces tôles était fait avec des rivets en acier fondu.

Dans ces chaudières, toutes les parties en acier, et principalement les foyers, ont donné lieu à des coups de feu, à des usures très inégales et à des ennuis de toute sorte, à la suite desquels les tôles d'acier ont dû être successivement remplacées par des tôles de fer fines.

En 1862, les chemins de fer du Midi commandèrent 15 locomotives à la maison Cail (série 701 à 715), avec chaudière en acier fabriqué au creuset par MM. Petin et Gaudet ; résistance 60 à 65 kilogrammes, avec 17 à 19 pour 100 d'allongement sur 100 millimètres de longueur. Malgré la latitude donnée par l'ordonnance précitée, la Compagnie du Midi ne réduisit l'épaisseur que d'un tiers au lieu de moitié, 10 millimètres en acier au lieu de 15 millimètres en fer. La même Compagnie a construit 58 machines avec chaudière en acier, depuis l'année 1865 jusqu'en 1868.

En 1863, la Compagnie d'Orléans s'adressa aussi à MM. Petin et Gaudet, qui lui fournirent des tôles d'acier résistant au moins à 62k,50 avec 10 pour 100 d'allongement sur éprouvettes de 0,200, et résistant au plus à 73 kilogrammes, avec 7 pour 100 d'allongement. Les chaudières des machines nos 201 à 212 furent construites avec ces tôles. Quant aux épaisseurs, elles furent réduites dans la proportion de 13 1/2 à 8 millimètres.

En août 1864, la Compagnie d'Orléans demanda que les tôles d'acier résistassent au moins à 55 kilogrammes et à 60 kilogrammes au maximum ; les maîtres de forges firent la même demande, sauf à réduire l'épaisseur d'un tiers seulement au lieu de moitié. La difficulté beaucoup plus grande de travailler le métal plus résistant avait, sans nul doute, conduit à cette demande de ne pas dépasser 60 kilogrammes et de pouvoir se tenir au-dessous.

Mais ce ne fut qu'en 1865, le 25 janvier, qu'un décret rapporta les ordonnances et laissa toute latitude aux constructeurs au sujet du choix et de l'épaisseur des matériaux à employer dans la construction des chaudières à vapeur.

De 1866 à 1869, la Compagnie d'Orléans n'exigea plus que 55 kilogrammes de résistance. En fait, les tôles résistaient entre 55 kilo-

grammes et 65 kilogrammes, avec des allongements variant depuis 12 jusqu'à 22 pour 100, sur 100 millimètres. Plusieurs tôles furent refusées en 1867, parce qu'elles n'avaient donné aux essais que 48 à 53 kilogrammes avec 20 à 24 pour 100 d'allongement.

En 1868-1869, la Compagnie de Terre-Noire proposa l'emploi de tôles d'acier doux et livra pour la Compagnie Transatlantique des tôles d'acier résistant, en long comme en travers, à 45 à 50 kilogrammes avec 18 à 26 pour 100 d'allongement sur barrettes de 0,10 de longueur.

Mais le métal plus doux n'était point encore goûté par les compagnies de chemins de fer qui, en 1871, firent construire un assez grand nombre de chaudières en acier. Il est vrai que les besoins étaient grands après la guerre et qu'on n'avait pas trop le choix des matières.

Ce fut la Compagnie d'Orléans qui, en mai 1871, construisit des chaudières avec des aciers Petin-Gaudet très peu homogènes, puisque la résistance variait de 55 à 75 kilogrammes avec 14 à 24 pour 100 d'allongement. Des cassures de tôles survinrent en cours de fabrication (machines 171 à 180), et même, à l'essai de cette dernière chaudière, sous la pression réglementaire, le dôme ne résista pas. On constata que la tôle de ce dôme ne s'était allongée, jusqu'à la rupture, que de 14 1/2 pour 100 sur éprouvette de 0,100.

Ce fut, d'autre part, la Compagnie des Charentes qui fit construire au Havre, en 1871, avec des aciers au creuset résistant à 55 kilogrammes avec 15 pour 100 d'allongement sur 0,200, et aussi avec des aciers Bessemer ayant la même résistance, mais un peu plus ductiles.

Ce fut enfin la Compagnie de l'Ouest qui employa d'abord, en 1871, de l'acier à 60 kilogrammes, pour descendre, en 1872, à 55 kilogrammes et 15 pour 100 d'allongement, avec la faculté de donner une moins grande résistance, si elle était compensée par un plus grand allongement. L'épaisseur de 14 millimètres en fer fut remplacée par celle de 11 millimètres en acier.

Pendant la guerre de 1870-1871, les chaudières de la frégate cuirassée *la Gauloise* furent construites en acier par la Société des chantiers et ateliers de l'Océan, au Havre, parce que cette Société fut dans l'impossibilité de se procurer, à cette époque, des tôles de fer fines. Les foyers de ces chaudières se comportèrent aussi mal que ceux des trois frégates précédentes, puisque, mises en feu pour la première

fois en janvier 1874, on a été obligé, en novembre 1876, de changer toutes les tôles d'acier.

Le 10 octobre 1873, une explosion grave de chaudière en acier se produisit sur la ligne du Midi, près de Toulouse, à la machine n° 708 à marchandises, faisant partie des quinze premières locomotives commandées en acier en 1862. Cette machine avait été mise en service en décembre 1863 et avait effectué un parcours de 235,000 kilomètres. En 1870, elle était entrée en réparation aux ateliers; on avait remplacé les viroles inférieures usées par des corrosions, par des viroles en fer de 15 millimètres, et on avait conservé les viroles supérieures en acier de 10 millimètres, parce que la visite n'avait révélé aucune situation inquiétante. En 1872, la même machine était rentrée aux ateliers pour une petite réparation au foyer, et elle avait subi de nouveau l'épreuve réglementaire, lorsqu'elle fut remise en service le 3 décembre 1872, dix mois avant l'accident.

Un autre accident de même nature survint à la machine n° 175 de la compagnie d'Orléans, qui éclata près d'Orléans et qui faisait partie des chaudières construites en 1871.

Enfin il se produisit, tant sur le Midi que sur l'Orléans, au moment de l'épreuve à la presse, des ruptures de dômes, dont nous rechercherons plus loin les causes, de même que nous essayerons de nous expliquer à quelles causes il faut attribuer les deux explosions en service.

Mais les avantages des aciers doux pour les constructions navales ne tardèrent pas à se manifester, et on reconnut, après quelques années de leur emploi pour les coques, que les insuccès dans les premières applications aux chaudières marines devaient tenir à la qualité beaucoup trop dure du métal. Toutefois, et en raison de ce que les foyers s'étaient comportés beaucoup plus mal que les enveloppes extérieures, la Marine française décida que celles-ci seules seraient construites en tôles d'acier.

D'ailleurs, les accidents survenus aux locomotives avaient jeté la défaveur sur le nouveau métal, défaveur qui est loin d'avoir disparu aujourd'hui dans tous les esprits, malgré l'extension considérable que l'emploi de l'acier a prise, principalement en Angleterre, pour la construction des chaudières.

Dans le meeting tenu à Paris, en 1878, par « the Iron and Steel Institute, » nous avons entendu une bouche autorisée dire qu'il exis-

tait en Angleterre près de 4,000 chaudières, pour la construction desquelles on avait employé 14,000 tonnes d'acier. Parmi ces chaudières, 1,000 appartenaient aux locomotives de la Compagnie North-Western, qui les avait construites elle-même dans ses magnifiques ateliers de Crewe, et qui n'avaient jamais donné lieu à aucun accident. Comme d'ordinaire, les boîtes à feu du foyer étaient en cuivre, mais toutes les autres parties étaient en tôles d'acier en substitution de tôles de fer.

L'emploi aux chaudières de marine suivit de près celui qui venait d'être fait sur une aussi grande échelle. Ainsi, d'après M. Parker, ingénieur en chef du Lloyd, il n'y avait, au printemps de 1878, qu'une seule chaudière d'acier en service à bord d'un steamer, tandis que, dans la période suivante, on voit l'acier devenir en grande faveur. Voici un tableau qui en fait foi.

ANNÉES.	NOMBRE DE NAVIRES munis de chaudières en acier.	POIDS de l'acier employé.
Du 1er mai 1878 au 30 avril 1879......	120	3,000 t. environ.
— 1879 — 1880......	160	4,000 —
— 1880 au 31 décembre 1880...	250	7,500 —

Au 1er avril 1881, M. Parker évaluait à 1,100 le nombre des chaudières en acier, alors en service à bord des navires anglais, et à 17,000 tonnes le poids de l'acier employé à leur construction.

Dans son dernier mémoire, lu à l'Institut du fer et de l'acier, en mai 1883, le même ingénieur anglais a dit, qu'à l'heure actuelle, on fait six fois autant de chaudières de marine en acier doux que de chaudières en fer.

La Marine française, depuis cinq à six ans, a fait en acier *toutes* les enveloppes de ses chaudières, à l'exception seulement de certaines chaudières destinées à être mises à terre. Les foyers, dans leurs parties les plus fatiguées, se font encore en fer fin pour les raisons que nous avons déjà fait connaître.

L'usine du Creuzot, à elle seule, a livré, depuis six ans, environ

350 tonnes par an de tôles de chaudières pour la Marine de l'État, soit un total de 2,100 tonnes faisant environ 100 chaudières.

La Marine marchande française n'a pas encore suivi l'exemple donné par l'Angleterre et par la Marine de l'État. Cependant elle ne tardera pas à entrer dans la voie nouvelle. Permettez-nous, à ce sujet, de remettre sous vos yeux un passage de la note de M. Audenet, ingénieur en chef de la Compagnie Transatlantique, lue au Havre, cette année, lorsque la Société des Ingénieurs civils a reçu, à bord de la *Normandie*, le magnifique accueil dont les membres présents ne perdront pas le souvenir.

« Nous n'avons pas osé recourir à l'emploi de l'acier pour la construction des chaudières. Les chaudières de la *Normandie* sont donc en fer ; mais nous devons avouer que s'il s'agissait d'en commander de nouvelles et surtout d'aborder de plus grands diamètres, nous adopterions l'acier. Quatre-vingts pour cent des chaudières marines que l'on construit actuellement en Angleterre, sont faites avec ce métal, et il paraît bien démontré qu'en employant de l'acier doux et ayant soin de recuire les pièces façonnées, on est à l'abri de tout accident. »

Nous avons terminé l'historique que nous voulions présenter ; il est un peu long peut-être, mais il nous a paru utile d'entrer dans quelques détails et de faire connaître exactement les conditions véritablement mauvaises dans lesquelles les chaudières en acier ont été établies pendant dix ans.

Nous devons remercier ici les Compagnies de chemins de fer qui n'ont pas hésité à ouvrir devant nous leurs dossiers, demandant, comme nous-mêmes, à jeter la lumière sur une question si controversée.

Défauts des premières chaudières. — Les défauts qui ont été observés sur les chaudières construites antérieurement à 1875, étaient inévitables, étant donnés la qualité impropre du métal, son manque d'homogénéité et enfin l'inexpérience des constructeurs et des ouvriers appelés à le mettre en œuvre.

La circulaire ministérielle du 26 juillet 1861 engagea les ingénieurs dans une mauvaise voie, puisqu'elle prescrivit l'emploi d'une qualité de métal qui a été reconnue depuis absolument défectueuse et puisqu'elle interdit d'employer la qualité qui est aujourd'hui imposée.

Il est vrai qu'à ce moment-là l'industrie ne fabriquait que des aciers durs prenant la trempe, et très peu ductiles, si on les compare aux aciers doux que les grandes inventions de Bessemer, Siemens-Martin et autres, allaient bientôt permettre aux métallurgistes de livrer à la consommation.

Les prescriptions un peu hasardées de cette circulaire et les réductions d'épaisseur véritablement trop grandes qu'elle avait autorisées, surtout pour les locomotives, ne furent pas sans influence, croyons-nous, sur la concession du régime de liberté qui fut donnée par le décret de 1865.

Mais les Compagnies qui s'étaient habituées à trouver dans l'acier une résistance bien plus grande qui leur permettait de réduire beaucoup les épaisseurs, sans aller toutefois jusqu'à la réduction exagérée que le règlement autorisait, les Compagnies, disons-nous, ne changèrent pas de voie lorsqu'elles furent libres et elles continuèrent, même après 1870, à employer des aciers trop durs et trop peu ductiles. Voilà la principale cause des défauts signalés, mais il y en a d'autres que l'examen de ces défauts va aussi révéler.

L'explosion de la chaudière des chemins de fer du Midi est due au déchirement de la tôle de la virole du milieu, suivant une génératrice voisine d'une des clouures longitudinales. La déchirure coïncidait exactement avec l'angle du chanfrein de la tôle intérieure. La virole paraissait saine, sauf dans la région voisine de la ligne de rupture et, à cet endroit et sur une bande de 12 à 15 centimètres de largeur, la tôle présentait des érosions de distance en distance, dont la profondeur atteignait jusqu'à 4 millimètres. Tout près de la ligne de rupture, le métal était encore plus altéré, de telle sorte que, tout le long du chanfrein, l'épaisseur du métal variait entre 10 millimètres et 1 millimètre.

Pourquoi cette dégradation profonde de la tôle d'acier ? Nous répondons sans hésiter que le métal dur, peu ductile, avait subi dans les opérations du poinçonnage, du rivetage et surtout dans l'opération du matage, une série de petites blessures, de petites criques d'abord invisibles, qui avaient non seulement altéré le métal, mais encore facilité son attaque par les corrosions.

L'examen minutieux auquel furent soumises les quatorze autres chaudières, construites en même temps, démontra l'existence de défauts

le long des rivures sur plus de la moitié des chaudières fabriquées en 1862-1863. A la première inspection à la loupe, aucune crique ne fut révélée ni aucun défaut de nature à compromettre la solidité. On décloua alors les joints sur toute leur longueur et on put reconnaître l'état de la tôle sur toute la ligne de matage, en dessous du recouvrement. Sur sept chaudières on constata sur la tôle extérieure l'existence d'une crique plus ou moins profonde (jusqu'à 2 ou 3 millimètres), qui était située un peu au-dessous du recouvrement et qui s'étendait sur toute la longueur de la rivure.

Nous nous sommes renseigné sur le mode de fabrication des quinze chaudières et nous avons appris qu'il avait été absolument le même que pour des chaudières en fer, c'est-à-dire que les tôles avaient été poinçonnées sans être alésées ou recuites, que le matage avait été fait à la française avec le matoir plat, pour terminer au matoir-panne fin qui formait une ligne de pénétration sur la tôle.

En ce qui concerne les corrosions, elles sont beaucoup plus nombreuses et plus importantes aux points où le métal a subi un travail. Ce fait se trouve consigné dans les rapports des inspecteurs.

Parmi les chaudières de la Compagnie d'Orléans celle qui a fait explosion appartenait à la série construite après la guerre, avec des aciers plus hétérogènes, plus durs et moins ductiles que la plupart de tous les autres précédemment employés par la même Compagnie.

La disposition des dômes, primitivement adoptée, fut reconnue défectueuse et corrigée. On remarqua un défaut de résistance qui fut accusé par quelques insuccès de l'épreuve réglementaire à la presse. Ce défaut tenait à ce que la collerette de la tôle d'acier, plus mince et fissurée dans le travail, n'était pas suffisante pour suppléer à la diminution de résistance de la virole provenant de la grande ouverture pratiquée. On renforça le pourtour de la base du dôme par une collerette rapportée, de section suffisante.

Les chaudières de locomotives de l'Ouest ont dû être mises hors de service à la suite de fissures qui se sont produites près des lignes de rivures et aussi au droit des deux supports latéraux n'ayant que 0,20 × 0,24. L'arête de ces supports a pénétré dans la tôle d'acier de 11 millimètres sous l'action des trépidations continuelles.

Les chaudières en acier de l'Ouest ont éprouvé des *corrosions* à peu près égales à celles des chaudières en fer, puisque les durées des unes et des autres ont été dans le même rapport que les épaisseurs. Ces cor-

rosions se sont montrées dans le bas des chaudières ou dans les angles des enveloppes du foyer, exposés à des dilatations et contractions successives.

Pour les érosions, la Compagnie d'Orléans nous a communiqué en 1879, des tableaux desquels il résulte que les tôles d'acier ne présentent pas des érosions plus graves, ni plus hâtives que les tôles de fer. Il n'y a pas de différences sensibles. Mais les tôles d'acier étant plus minces, les érosions diminuent les épaisseurs dans de plus grandes proportions relatives, et c'est surtout aux points voisins des rivures et aux points plus travaillés qu'elles se manifestent.

Cette question des corrosions des tôles d'acier est celle qui a été la moins élucidée et sur laquelle les opinions les plus diverses se sont manifestées.

M. Parker a cité en 1879, plusieurs chaudières dans lesquelles des tubes en acier avaient été mélangés à des tubes en fer; il en est résulté que les tubes en acier ont subi une corrosion excessivement rapide, puisqu'en neuf mois, sur une de ces chaudières, ils avaient perdu environ 70 pour 100 de leur poids, par suite de corrosions très inégalement réparties. Il y a comme une action galvanique lorsque les deux métaux différents sont placés côte à côte, et M. Parker conclut que, si une chaudière doit être faite en acier, elle doit être entièrement construite avec ce métal, y compris les rivets.

M. Siemens a attribué les corrosions de certains aciers à un excès de manganèse, métal très oxydable qui a pu être attaqué et rendre le métal spongieux et par conséquent plus facilement attaquable par les corrosions.

Pour nous, après avoir résumé ce qui a été dit sur cette question, et après avoir examiné attentivement les dessins des corrosions aux locomotives du Midi, de l'Orléans et de l'Ouest, nous avons l'opinion que la cause prépondérante des corrosions consiste dans la désagrégation des molécules ou dans la présence de blessures ou petites criques, lesquelles se sont produites, soit en cours de fabrication, soit en service par suite de dilatations inégales et contractions successives.

Cette cause a des effets d'autant plus faibles que les tôles sont plus douces et plus ductiles.

Nous ne pouvons oublier d'ailleurs que certaines tôles d'acier sont pour ainsi dire, complètement respectées par les corrosions, tandis que d'autres de même qualité sont attaquées, sans doute parce qu'elles ont

subi dans leur mise en œuvre des blessures qui ne peuvent se guérir, mais bien s'aggraver [1].

En ces points blessés l'oxydation est plus rapide et surtout plus profonde, sous l'influence de l'air ou de l'acide carbonique ou sous l'influence d'une double décomposition entre les dépôts calcaires et les parties oxydées. C'est surtout dans le voisinage du point d'alimentation où la basse température favorise la réaction, ou bien dans les tôles basses restant humides après le vidage, que l'on observe les corrosions par pustules les plus importantes.

Si nous nous reportons à ce qui se passe avec les tôles de fer, nous constatons que les tôles à fins grains donnent les meilleurs résultats ; les tôles lamelleuses se corrodent bien plus vite parce qu'elles sont, ou plus impures, ou plus accessibles à l'action des oxydants ou des sels calcaires. Nous ne comprendrions donc pas pourquoi l'acier, parfaitement sain et bien ductile, donnerait lieu à des corrosions plus importantes que le fer.

Qualité et épaisseurs à employer. — Nous pensons que la qualité convenable pour les tôles de chaudière, se trouve bien définie par les conditions de recette imposées par la Marine française, lesquelles sont de même nature que celles des tôles en acier pour constructions navales. Il nous suffira donc d'indiquer les différences.

Dans les épreuves à froid, les charges et les allongements minima sont donnés par le tableau suivant :

DÉSIGNATION.	RÉSISTANCE	ALLONGEMENT
Tôles de 6 à 8 millimètres d'épaisseur...	42 kilog.	24 pour 100
— 8 à 20 —	42 —	26 —
— 20 à 30 —	40 —	25 —

En pratique, les allongements obtenus sont plus considérables tant

1. Les criques dans les tôles d'acier constituent un défaut mortel au bout d'un certain temps. Elles augmentent et se propagent au sein de la masse compacte du métal fondu jusqu'à ce qu'il y ait rupture. Dans les tôles de fer, il n'en est pas de même en raison de la constitution lamelleuse présentant des solutions de continuité correspondant à chaque soudure des mises qui composaient le paquet ayant servi à la fabrication de la tôle. La crique ou le défaut s'arrête et ne se propage pas plus loin que la première solution de continuité qui se présente dans la tôle de fer.

en long qu'en travers pour les tôles au-dessus de 8 millimètres d'épaisseur.

Les essais à chaud sont identiques.

Les essais de trempe sont différents, en ce sens que les barreaux doivent pouvoir, sous l'action de la presse et sans présenter de traces de rupture, être pliés en deux, à plat, de manière que les deux moitiés soient complètement appliquées l'une sur l'autre.

On a reconnu en pratique que ces essais de trempe sont d'une trop grande sévérité et qu'il arrive souvent que des tôles d'excellente qualité, remplissant et au delà toutes les conditions des épreuves à froid et à chaud, ne peuvent satisfaire à celles de l'essai dont il s'agit, parce qu'il est extrêmement difficile d'empêcher qu'une crique ne se produise au moment où le pli s'achève jusqu'au contact.

Il y a lieu, cependant, de maintenir pour les tôles de chaudières, qui doivent être plus douces et plus ductiles, une épreuve de trempe plus rigoureuse que celle qui est exigée pour les tôles de coques; ainsi on devrait se borner à stipuler que le barreau devrait pouvoir prendre sous l'action de la presse, sans présenter aucune trace de rupture ou de criqure, une courbure dont le rayon minimum, mesuré intérieurement, ne serait pas supérieur au quart de son épaisseur (pour les tôles de coques, le rayon ne doit pas dépasser l'épaisseur du barreau expérimenté).

Les tôles bien homogènes, satisfaisant aux trois séries d'épreuve, donnent de très bons résultats pour la fabrication des chaudières à vapeur. La pratique a démontré qu'on peut aujourd'hui soumettre aux mêmes conditions les tôles moyennes et les tôles de forte épaisseur. Ainsi, les deux dernières catégories du tableau ci-dessus se confondraient pour n'en former qu'une seule devant résister à 42 kilogrammes, avec un allongement d'au moins 26 pour 100. Les forges pourront très bien donner 27 pour 100, et même davantage, si, pour chaque centième en plus d'allongement, on retranche 1 kilogramme à la résistance. On pourra très bien autoriser une résistance inférieure à 42 kilogrammes, si la ductilité se trouve augmentée au delà de 26 pour 100.

En Angleterre, les conditions d'épreuve sont les mêmes que pour les tôles de coques; mais, en fait, on emploie pour les chaudières, des tôles qui prennent un allongement à la rupture, supérieur à 20 pour 100.

L'*épaisseur* à donner à une tôle d'acier pour chaudière sera calculée

d'après les mêmes règles que celles qui servent aux chaudières en fer, sauf à opérer une réduction que nous allons déterminer d'après les différences de résistance des deux métaux. C'est dans le sens de la moindre résistance, c'est-à-dire en travers, qu'il faut noter la résistance des tôles de chaudière. Il y a, pour cela, plus de raisons encore que pour les tôles de coques de navires.

Les bonnes tôles de fer pour coques résistent, nous l'avons vu, à 31 kilogrammes en travers, avec 5 pour 100 d'allongement. Elles appartiennent, sauf exception, à la deuxième catégorie de la circulaire de 1868, c'est-à-dire à la qualité ordinaire de la marine. Les tôles de fer destinées aux chaudières appartiennent aux deux dernières catégories, c'est-à-dire à la troisième comprenant les tôles supérieures, et à la quatrième comprenant les tôles fines, réservées pour la fabrication des foyers et des parties les plus fatiguées de la chaudière.

Nous avons déjà vu que les tôles supérieures résistent en travers à 32 kilogrammes, avec 7 pour 100 d'allongement. Les tôles fines doivent donner, comme moyenne de cinq essais, 35 kilogrammes de résistance en travers, avec 10 pour 100 d'allongement, toujours sur éprouvettes de 200 millimètres. Dans aucun des essais, la résistance ne peut être inférieure à 30 kilogrammes et l'allongement ne peut être inférieur à 7 1/2 pour 100.

La circulaire ministérielle plus récente, du 6 mars 1874, est venue apporter une modification aux prescriptions de celle de 1868. Après avoir énoncé qu'à la suite d'expériences sur les tôles fines des chaudières, on a reconnu que des tôles moins résistantes et plus ductiles avaient fait un très bon service, la circulaire tolère un déficit de résistance pouvant s'élever jusqu'à 3 kilogrammes, pourvu que ce déficit soit compensé par un excédent d'allongement de 1 1/2 pour 100 par kilogramme en moins. La limite inférieure de résistance devient donc, pour une moyenne de cinq épreuves, égale à 32 kilogrammes en travers, mais à la condition d'avoir au moins 14 1/2 pour 100 d'allongement.

En fait, les tôles de fer employées par la marine pour les chaudières avaient, de 1873 à 1878, une résistance en travers de 32 à 34 kilogrammes, avec des allongements de 7 à 12 pour 100. Depuis cinq ans, toutes les enveloppes se faisant en acier, les tôles de fer ne s'emploient plus que pour les foyers; elles sont exclusivement de la quatrième catégorie, tôles fines, qui ne résistent pas davantage qu'auparavant,

mais qui sont plus ductiles, puisqu'elles prennent un allongement de 10 à 13 pour 100, toujours en travers.

Nous rappelons que les tôles d'acier résistent à 42 kilogrammes, avec au moins 26 pour 100 d'allongement. En faisant le calcul des différences de résistance, on trouve que 5 épaisseurs fer à raison de 33 kilogrammes, équivalent à 4 épaisseurs acier à 42 kilogrammes. La réduction à opérer sur l'épaisseur en fer est d'un cinquième ou 20 pour 100, pour obtenir l'épaisseur en acier. En fait, on va un peu plus loin; on se tient entre le cinquième et le quart de réduction. Le Lloyd anglais admet très bien 25 pour 100 de réduction.

Mise en œuvre. — Les tôles de chaudières doivent être travaillées en prenant les moyens et les précautions qui ont été déjà indiqués pour les tôles de coques.

Il est d'usage, toutefois, et il est bon de ne pas poinçonner les trous, mais de les percer au foret. Ce dernier perçage ne fatiguant en rien le métal, il n'est donc point nécessaire de recuire les pièces après qu'elles ont été percées; mais une opération de recuit doit être donnée après que la pièce est arrivée à sa forme définitive par le travail à chaud et à froid.

Le matage sera fait avec des outils spéciaux permettant de refouler le métal sur l'épaisseur de la rive chanfreinée, sans toucher autant que possible la tôle inférieure, du moins sans l'affecter par un sillon.

Pour le rivetage, il sera pris les mêmes précautions que celles qui ont été indiquées plus haut. Le plus grand emploi possible des riveuses hydrauliques est expressément recommandé, en raison des avantages qu'il présente. En ce qui concerne les grandes chaudières de marine, cet emploi s'impose en raison des fortes épaisseurs et du grand diamètre des rivets, qui ne pourraient pas être convenablement posés à la main.

Avantages des chaudières en acier. — L'emploi des tôles d'acier est aujourd'hui tout indiqué, quand il s'agit de chaudières de grands diamètres ou à très hautes pressions, ou bien encore quand il s'agit d'appareils mécaniques pour lesquels la légèreté est recherchée.

Tel est le cas des chaudières marines, des chaudières de locomotives et de locomobiles, des récipients d'air ou d'eau à très hautes pressions, enfin des chaudières à vapeur de grands diamètres.

Pour les chaudières marines dont le diamètre dépasse 3 mètres et

va jusqu'à 4 à 5 mètres, les tôles de fer sont tellement épaisses que, malgré l'emploi des riveuses hydrauliques (il y a toujours quelques rivets que l'on pose à la main), on obtient un travail de rivetage laissant à désirer. L'inconvénient des grands diamètres est bien amoindri par l'emploi de l'acier.

D'ailleurs, avec ce métal bien plein, bien homogène, on est à l'abri des défauts nombreux auxquels les chaudières en fer sont sujettes, par suite de pailles ou de défauts de soudure.

La question de prix, à l'heure actuelle, ne doit pas entrer en ligne de compte. Plus légères de 20 à 25 pour 100, les chaudières en acier reviennent plus cher au kilogramme, à peu près dans la même proportion. Le prix de l'appareil est finalement le même; mais il est permis de penser que, dans un avenir peu éloigné, le prix pourra être en faveur de l'emploi du nouveau métal.

Qu'il nous soit permis, en terminant cette étude sur les chaudières d'acier, de reproduire ce que nous disions, après l'Exposition universelle de 1878, dans la partie du rapport du Jury des récompenses dont nous avons été chargé (classe 54).

« Les accidents auxquels a donné lieu l'emploi de l'acier dans les chaudières sont dus à trois causes principales :

« Malléabilité insuffisante;

« Irrégularité dans la fabrication du métal;

« Mode de travail défectueux.

« Il semble que les deux premières causes sont bien près de disparaître, grâce aux progrès incessants de la métallurgie; quant à la troisième, c'est affaire aux constructeurs de se plier aux nouvelles méthodes, de les perfectionner, de les rendre économiques. Tout semble faire prévoir que nos chaudronniers ne tarderont pas à suivre l'exemple qui leur est donné par leurs confrères d'outre-Manche. »

Les deux premières causes n'existent plus depuis déjà plusieurs années. Les métallurgistes ont donc réalisé les progrès que l'on attendait d'eux. Il n'en est pas de même de la plupart des constructeurs et nous ne pouvons que les engager à nouveau à entrer résolument dans la voie nouvelle.

30 novembre 1883.

ÉTUDE

SUR LE REMPLACEMENT

DU FER PAR L'ACIER

PAR M. CANOVETTI

Ingénieur des Arts et Manufactures.

Le fer est aujourd'hui universellement employé pour un très grand nombre d'usages, pour lesquels il a remplacé le bois. Mais le fer est à son tour menacé d'être supplanté par l'acier. Déjà cette substitution est complète en ce qui touche les rails du chemin de fer et elle paraît devoir s'étendre aux arbres de transmissions, aux tôles des chaudières et des coques de navires et à celle des ponts métalliques. Cette question est digne de l'attention de l'ingénieur, c'est dans son domaine qu'elle est en train de s'effectuer, et cette étude a été entreprise pour déterminer l'économie qui pourrait résulter de l'emploi de l'acier pour les solives à plancher.

Lorsque le fer remplaçait le bois, les différences physiques des deux matières étaient trop différentes pour que le choix en fût difficile, l'incombustibilité du fer et sa plus longue durée prévue aurait suffit à le déterminer.

Mais, entre le fer et l'acier la différence n'est pas aussi marquée et les questions de résistance et d'économie interviennent seules, ainsi que le plus d'homogénéité de l'acier qui le rend plus propre pour beaucoup d'emplois. Nous supposons, en effet, le travail des deux métaux également facile avec les aciers doux destinés à remplacer le fer et nous allons tâcher de déterminer l'économie en poids et en argent qui peut résulter de ce remplacement.

Effort direct. — Supposons que le métal à employer ait à résister à un effort direct F de traction ou de compression ; R et R′ étant les

coefficients pratiques de résistance du fer et de l'acier, on aura évidemment :

$$F = QR = Q'R',$$

Q et Q' étant les sections respectives d'où

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{R'}{R},$$

les deux métaux étant d'égale densité, les poids P à employer seront proportionnels aux sections et inversement proportionnels à leurs coefficients respectifs

$$\frac{P}{P'} = \frac{R'}{R},$$

La dépense totale A est égale au poids multiplié par le prix de la matière *a*,

$$\frac{A}{A'} = \frac{Pa}{P'a'} = \frac{R'a}{Ra'},$$

On voit donc que l'économie relative en poids égale

$$\frac{P - P'}{P},$$

est proportionnelle à

$$\frac{R' - R}{R'},$$

L'économie en argent est égale à

$$\frac{A - A'}{A} = \frac{R'a - Ra'}{R'a}.$$

L'économie en poids et en argent peut donc être déterminée *a priori* si l'on se fixe les coefficients R et R' et si l'on connaît le prix des deux matières.

NATURE DU MÉTAL	CHARGE de rupture	LIMITE d'élasticité	COEFFICIENT PRATIQUE		PRIX
			1/5 de la rupture	1/2 limite d'élasticité	
Fer.............	40k	16k	8k	8k	17f
Acier...........	40 à 60k	22 à 24k	8 à 12k	11 à 12k	20f

Discussion des coefficients R et R'. — Les chiffres du tableau sont des moyennes. Dans l'état actuel de la métallurgie, la transition du fer à l'acier se fait par degrés insensibles.

M. Lebasteur, dans son rapport sur les métaux à l'exposition de 1878, proposait la séparation suivante entre le fer et l'acier, en classant comme acier le métal qui résistait à un effort supérieur à 45 kilogrammes. D'après le travail de M. Périssé, ce chiffre paraît être abaissé dans les cahiers des charges de la marine et autres grandes administrations jusqu'à 40 kilogr. Par contre, on aurait élevé l'allongement relatif à la rupture de 20 à 24 pour 100 (sur une éprouvette de $0^{m},20$). Cela indiquerait que la tendance est à employer des aciers doux se rapprochant des qualités du fer, sauf leur teneur en carbone qui permet la fusion du métal.

Si l'on prenait comme coefficient pratique une fraction déterminée de la résistance à la rupture, il n'y aurait pas lieu à différencier les deux métaux ; mais, en se basant sur la limite d'élasticité, la différence reste sensible.

Les chiffres de 8 et 12 kilogrammes comme résistance pratique du fer et de l'acier sont à peu près les 1/5 de la charge de rupture et la 1/2 de la limite d'élasticité. Le chiffre de 12 kilogrammes peut paraître trop élevé pour l'acier, mais il serait inutile de remplacer le fer par de l'acier, qui ne pourrait pas supporter une telle charge. Pour des livraisons de métal importantes telles que celles des rails, ce coefficient ne serait pas excessif, car la limite d'élasticité demandée par les compagnies est très élevée plus qu'elle ne pourrait l'être pour l'acier destiné aux usages courants comme nous le considérons.

Avec les coefficients de 8 et 12, l'économie en poids est donc :

$$\frac{P - P'}{P} = \frac{R' - R}{R'} = \frac{12 - 8}{12} = \frac{1}{3},$$

et la dépense en argent, en fixant le prix du fer et de l'acier à leur minimun de 17 et 20 francs les 100 kilogrammes, sera :

$$\frac{A}{A'} = \frac{12 \times 17}{8 \times 20} = \frac{5}{4} \text{ environ,}$$

d'où une économie en argent de 1/5.

On voit donc que dans le cas d'un effort direct tels que câbles, tôles des chaudières, des réservoirs, supports, etc., on peut réaliser, par l'emploi de l'acier, une économie en poids de 30 pour 100 et de 20 pour 100 en argent.

Flexion. — Mais dans le cas d'un effort de compression ou d'ex-

tension provenant de la flexion de la pièce, le poids du métal n'est plus directement proportionnel à l'effort, mais il est fonction du coefficient R et de la valeur du $\frac{I}{v}$ de la pièce.

Le moment fléchissant étant μ, on aura :

$$\mu = \frac{RI}{v} = \frac{R'I'}{v'},$$

$\frac{I}{v}$ et $\frac{I'}{v'}$ étant ceux qui conviennent aux pièces en fer et en acier qui ont à résister au moment μ et qui sont liés entre eux par le rapport

$$\frac{\frac{I}{v}}{\frac{I'}{v'}} = \frac{R'}{R}.$$

Le poids de la pièce varie donc suivant le $\frac{I}{v}$, on peut écrire :

$$\frac{\frac{I}{v}}{\frac{I}{v'}} = \frac{f(P)}{f(P')}.$$

Pour que le poids du métal soit inversement proportionnel au coefficient de résistance, il faut avoir :

$$\frac{P}{P'} = \frac{R'}{R} = \frac{\frac{I}{v}}{\frac{I'}{v'}}$$

Pour que cette dernière condition soit remplie, il faut que la fonction f soit la même.

La fonction f est donc le $\frac{I}{v}$ qui correspond à l'unité de poids et on peut l'appeler le *coefficient d'utilisation* du métal. Il faut donc que cette utilisation soit la même pour les deux profils fer et acier pour que les poids varient en proportion du coefficient R. Tout ce qui influencera cette fonction, modifiera le rapport. Si le fer est judicieusement employé, cette fonction doit avoir atteint sa limite maxima et elle ne doit pas pouvoir s'augmenter par la substitution de l'acier au fer.

Pour que cette valeur reste la même, il faut que les deux termes P et $\frac{I}{v}$ varient dans le même sens ou, pour que le remplacement soit avantageux, que $\frac{I}{v}$ reste le même ou augmente, en diminuant P. Pour diminuer le poids et obtenir la même utilisation, on diminuera les dimensions perpendiculaires au plan de flexion en gardant, autant que possible, les mêmes dimensions dans ce plan.

Mais, aussitôt que cette diminution aura atteint sa limite pratique maxima et qu'il faudra diminuer toutes les dimensions, l'utilisation du métal ne sera plus la même et l'économie en poids et, par suite, celle en argent, sera inférieure à celle que la différence des coefficients R et R′ paraissait faire attendre.

Ce sera le cas pour les petites portées où la pièce aura toute la hauteur possible et les épaisseurs restreintes. Dans ce cas, la diminution de poids ne saurait être réalisée qu'en diminuant la hauteur, se plaçant donc dans des moins bonnes conditions. Tandis que, pour les grandes portées, on pourra sans exagérer la hauteur, ou même avec une hauteur réduite, diminuer les épaisseurs et faciliter le travail, la rivure en particulier, et, par ce moyen, atteindre des portées difficiles ou impossibles avec le fer. Dans ce cas P restant le même, ou même augmentant, si $\frac{I}{v}$ croît suffisamment, l'utilisation pourra être encore plus avantageuse.

Application aux planchers en fer. — Pour les solives des planchers en fer, comme on a intérêt à leur donner la plus grande hauteur possible avec le minimum de poids, le remplacement du fer par l'acier ne peut se faire qu'en prenant pour ce dernier des barres d'une hauteur moindre. Dans le commerce les hauteurs croissent de $0^m,02$ depuis la hauteur minima de $0^m,08$.

Ce point est essentiel. Si l'on pouvait diminuer le poids des barres sans diminuer $\frac{I}{v}$, l'utilisation resterait la même ; mais, comme il faut suppposer que, pour une hauteur donnée, I est maxima dans le profil choisi,. pour diminuer le poids, il faut prendre une hauteur moindre.

Le coefficient d'utilisation n'étant plus le même, on ne peut déterminer *a priori* l'économie en poids réalisable, ni savoir si on aura avantage à la substitution. Si l'on prend un profil donné en fer et si

on diminue son épaisseur pour le faire en acier, on arriverait à réaliser une économie par l'emploi de l'acier. Mais, à notre avis, ceci ne doit pas pouvoir être possible, car, pour un profil choisi, l'utilisation du métal doit être telle que l'on ne puisse en obtenir plus. Diminuer les épaisseurs du profil pour l'exécuter en acier, ce serait supposer, cette limite étant atteinte pour le fer, que l'acier fût plus malléable, plus facilement forgeable que le fer.

Or, non seulement ceci n'a pas lieu, mais l'acier se refroidissant plus vite que le fer, et devenant cassant au rouge sombre, il faudrait des réchauffages pour le laminer à des faibles épaisseurs, et on aurait à craindre le refroidissement brusque et l'espèce de trempe qui en résulterait.

La nécessité du choix de la barre de poids et de hauteur inférieure à celle choisie pour le fer, nous paraît donc admise, sauf la création d'un modèle spécial et d'un type nouveau, si cela était possible, pour les barres en acier. Pour rester dans l'état actuel des choses, nous avons commencé par déterminer quels étaient, parmi les profils en usage, ceux qui étaient les plus avantageux au point de vue de l'emploi de la matière.

Nous avons déterminé les valeurs de la fonction f pour toutes les barres à plancher des albums des forges Vezin-Aulnoye, Montataire, Creuzot, Commentry et la Providence en considérant comme exactes les indications des poids et des $\frac{I}{v}$ qui y sont consignées. Nous avons choisi le profil le plus avantageux dans chacune de ces forges et nous avons supposé que le remplacement du fer par l'acier ne pouvait s'effectuer qu'en prenant pour l'acier la barre qui suit celle choisie en fer [1].

En appliquant aux $\frac{I}{v}$ des profils ainsi choisis les coefficients 8 et 12 kilogrammes, on a obtenu la limite des portées pour lesquelles on pouvait employer la solive de fer ou celle d'acier équivalente (fig. 1 pl 73).

Il a suffi, pour cela, de tracer la courbe des moments fléchissants en fixant le poids par mètre carré de plancher et l'écartement des solives. Le chiffre de 8 kilogrammes admis pour le fer n'est pas trop élevé en

1. En ne considérant que les barres usuelles et celles larges ailes donnant en $\frac{\frac{I}{v}}{P}$ supérieur à la barre ordinaire de même hauteur.

tenant compte que la surcharge n'est pas permanente, mais passagère, et que le poids mort est notablement inférieur au poids total admis. Avec des portées courantes, ce poids peut-être évalué ainsi au mètre carré, en supposant le hourdis en briques creuses.

Briques creuses, 30 à 1k,5 chacune. . .	45m
Plâtres, 18 litres environ.	24
Enduit du plafond	36
Scellement des lambourdes.	30
Lambourdes et parquet.	25
Fers.	30
Poids mort.	190
Surcharge	110
	300

Ce poids reste le même si on emploie des briques plus épaisses, mais employées apparentes sans enduits.

La surcharge des appartements à 110 kilogrammes au mètre carré est suffisante, même pour les salons où l'on peut danser eu égard au coefficient admis de 8 kilogrammes, mais insuffisante pour les boutiques et magasins, où elle doit être doublée.

Ces calculs ont été faits en supposant une charge et surcharge de 300 kilogrammes par mètre carré de plancher et un écartement de solives de 0m,70 d'axe en axe.

Dans le cas d'un poids supérieur, les ordonnées des moments résistants restant les mêmes, celles des moments fléchissants varieraient seules, on n'obtiendrait donc que des variations dans les abcisses des figures 1 à 3 pl. 73 ; les ordonnées restant les mêmes, les conclusions ne changeraient pas, mais s'appliqueraient à d'autres portées.

La figure n° 2 dont les ordonnées représentent les poids par mètre linéaire des barres acier ou fer montre que par l'emploi de l'acier on réalise toujours une économie en poids ; cette économie est variable depuis 13 jusqu'à 38 pour 100 ; mais, si l'on multiplie le poids des barres par leurs prix respectifs, 17 francs les 100 kilogrammes pour le fer et 20 francs pour l'acier, on obtient la figure n° 3 qui correspond à la dépense par mètre linéaire.

Pour toutes les ouvertures pour lesquelles la barre de même poids fer et acier était nécessaire, il y a forcément perte égale à la différence du prix, soit environ 18 pour 100.

Partout ailleurs il y a économie, mais cette économie est très faible et n'atteint la valeur de 18 pour 100 que pour les ouvertures au delà de 8 mètres, qui sont l'exception dans les constructions et le maximum de 27 pour 100 pour les portées restreintes entre 3^m,75 et 4^m,10.

On voit donc que, même en envisageant la question au point de vue de l'économie seulement, l'avantage de remplacement du fer par un métal plus résistant n'est pas considérable, et l'on s'exposerait à faire travailler le métal au coefficient élevé de 12 kilogrammes sans pouvoir être certain que toute la fourniture sera en état de la supporter.

Les forges elles-mêmes reculeront devant la garantie de cet effort, tandis qu'elles accepteront celui de 8 kilogrammes pour le fer.

Les prix sus-indiqués de 17 et 20 francs respectivement, sont ceux qui correspondent aux marchés passés pour de très grandes fournitures, où l'on a cependant continué à employer le fer parce que les forges en question ont refusé la garantie de la résistance de 13 kilogrammes qui était demandée.

L'économie serait encore moins considérable si, au lieu de choisir les profils les plus favorables, on prenait les profils d'une seule provenance, car, entre deux profils dont l'un serait favorable et l'autre moins, si ce dernier était effectué en acier, l'économie pourrait même devenir négative. Dans l'état actuel de la métallurgie, et en présence des difficultés qui s'opposent à la fixation d'un coefficient trop élevé, il nous paraît inutile d'avoir à essayer ce remplacement.

Toutefois, si pour le métal acier le prix de revient s'abaissait encore comme il y a lieu de l'espérer, l'emploi de l'acier pourra devenir avantageux, même pour les constructions. Dans le cas d'égalité de prix, l'acier s'imposerait par sa plus grande résistance, mais, à notre avis, employé avec les mêmes profils et le même poids que le fer.

Il nous paraît, cependant, nécessaire de faire observer que le coefficient de 12 kilogrammes suppose une masse homogène telle qu'on l'obtenait avec l'acier fondu.

Les opérations du laminage qui améliorent la qualité du fer sont loin d'avoir le même résultat pour l'acier, toujours suivant l'avis de M. Lebasteur.

Application aux arbres de transmission. — La considération de l'homogénéité a surtout son importance pour les arbres de transmission pour lesquels on pourra prendre, pour coefficient de torsion, les

chiffres de 10 kilogrammes, si l'acier est fondu, et 8 seulement si l'acier est laminé, contre 6 kilogrammes pour le fer.

Le prix de l'acier étant le même soit qu'il soit fondu ou laminé, il y a donc avantage à préférer l'acier fondu. Nous supposons ici le cas d'arbres à diamètre restreint et pleins laissant de côté les arbres creux, les arbres coudés, tous les cas exceptionnels pour lesquels la question de prix de revient n'est pas de grande importance. Pour ces cas, les arbres pouvant être obtenus fondus ou laminés sans aucune difficulté, nous supposons le même prix d'achat.

Le moment de torsion est proportionnel à l'effort F par millimètre carré que l'on veut faire subir à la matière et au moment d'inertie polaire I de la section et inversement proportionnel à la distance δ à l'axe de la fibre la plus fatiguée.

On a donc :

$$\frac{\mathrm{F\,I}}{\delta} = \frac{\mathrm{F'I'}}{\delta'}.$$

Si nous supposons la section circulaire de rayon r, I sera une fonction de r^4, et δ étant égal à r, on aura :

$$\mathrm{F}r^3 = \mathrm{F'}r'^3$$

d'où :

$$\frac{r}{r'} = \sqrt[3]{\frac{\mathrm{F'}}{\mathrm{F}}}.$$

Les poids par mètre linéaire de ces arbres seront proportionnels au carré du rayon.

On aura donc :

$$\frac{\mathrm{P}}{\mathrm{P'}} = \left(\frac{\mathrm{F'}}{\mathrm{F}}\right)^{\frac{2}{3}};$$

on voit donc que le rapport de poids de deux arbres peut être déterminé *a priori* en connaissant les valeurs de F et F'.

Si l'on effectue les calculs de ces rapports pour les deux valeurs de F sus-indiquées, on a :

$$\frac{\mathrm{P}}{\mathrm{P'}} = \left(\frac{8}{6}\right)^{\frac{2}{3}} = 1{,}211$$

pour l'acier laminé et

$$\left(\frac{10}{6}\right)^{\frac{2}{3}} = 1{,}406$$

pour l'acier fondu.

Par l'emploi de l'acier, on réalise donc une économie, de 17 ou 28 pour 100, suivant la qualité de l'acier.

Cette économie est considérable, car elle diminue la flexion de l'arbre et les frottements sur les supports, quoique résultant d'un coefficient de fatigue pas trop élevé. Si l'on multiplie le rapport en poids par le rapport de prix $\frac{17}{20}$, on obtient :

NATURE DU MÉTAL	RAPPORT des poids	ÉCONOMIE relative en poids	RAPPORT des dépenses	ÉCONOMIE relative en argent
Acier laminé......	1.211	0.17	1.029	3 pour 100
Acier fondu.......	1.406	0.28	1.20	17 pour 100

L'économie en poids et en argent qui résulterait de l'acier *fondu* est donc à peu près la même que dans le cas d'un effort direct, soit de 30 pour 10 en poids et 20 pour 100 en argent.

L'économie en poids est très considérable, même en laissant de côté la question d'argent, elle peut imposer le choix de l'acier, soit par la diminution du poids mort, comme dans les ponts et les coques des navires, soit par la diminution des frottements comme dans les arbres et autres pièces mécaniques.

La facilité de fusion doit même, lorsque l'usage de l'acier sera généralisé, diminuer le prix de main-d'œuvre de certaines pièces à forgeage difficile. En tout cas, elle est sûre certaine et fixe. L'économie relative en argent, par contre, outre qu'elle est sujette aux variations commerciales, doit diminuer avec les dépenses de main-d'œuvre et de mise en place qui, en élevant la dépense totale, diminuent la différence relative et peuvent, en certain cas, la rendre négligeable.

Observations relatives à la flèche et à la rupture. — On pourrait craindre que les pièces en acier ne prennent une flèche supérieure à celles en fer et ne présentent des plus grands dangers de rupture ; c'est l'opinion universellement répandue et l'objection que l'on est sûr de rencontrer. Rien n'est moins vrai cependant. Dans le cas d'un solide reposant sur deux appuis, le rayon de courbure μ est égal à $\frac{EI}{\mu}$.

On voit que le rayon de courbure est d'autant plus grand et la flèche plus petite que le produit E I est grand, μ étant le même.

Le coefficient d'élasticité de l'acier E étant supérieur à celui du fer, si I restait le même, la flèche serait moindre pour l'acier. Mais pour que l'acier soit économique, si l'on est obligé à prendre un I moindre, la flèche de la pièce sera plus grande, mais elle ne sera pas la conséquence de l'emploi de l'acier, mais bien du choix d'un autre profil. Si l'on prend le même I, la pièce en acier fléchira moins que celle en fer.

Pour les déformations permanentes, si l'on est à égale distance de la limite d'élasticité, on n'aura pas à s'en occuper davantage pour l'un ou pour l'autre des deux métaux. Au contraire, la limite d'élasticité étant plus élevée pour l'acier, il y aura plus de marge avant que cette dernière soit atteinte et la surcharge, qui imposerait une fatigue de 16 à 20 kilogrammes par millimètre carré, déformerait le fer tandis que l'acier reprendra sa forme primitive avec la suppression de cette surcharge.

Si l'on suppose la matière homogène et exempte de défauts, la résistance vive de la rupture de l'acier étant supérieure à celle du fer, les chances de rupture seront moins à craindre avec l'acier qu'avec le fer.

De ce qui précède, il nous paraît devoir tirer les conséquences suivantes :

L'emploi de l'acier est avantageux et peut même s'imposer dans le cas de grands efforts, soit pour résister mieux que le fer, soit pour réaliser sur ce dernier une notable économie de poids.

Mais pour des applications plus restreintes, telles que les solives à plancher, ponts à petites portées et autres applications dans lesquelles la question économie intervient, il y a lieu d'attendre la réalisation de l'égalité de prix entre le fer et l'acier.

Alors, mais alors seulement, il n'y aura plus qu'un métal : le métal fondu.

TABLEAU

des Moments $\frac{I}{v}$ des Poids par mètre courant et du Moment $\frac{\frac{I}{v}}{P}$ pour 100 kilos pour les fers I de

PROVENANCE	0.08 de hauteur $\frac{I}{v}$	0.08 P	0.08 $100\frac{\frac{I}{v}}{P}$	0.10 de hauteur $\frac{I}{v}$	0.10 P	0.10 $100\frac{\frac{I}{v}}{P}$	0.12 de hauteur $\frac{I}{v}$	0.12 P	0.12 $100\frac{\frac{I}{v}}{P}$	0.14 de hauteur $\frac{I}{v}$	0.14 P	0.14 $100\frac{\frac{I}{v}}{P}$
Vezin-Aulnoye.	**0.000019910**	k. 6.500	**0.000306**	0.000031620	k. 8.000	0.0003950	0.000045080	k. 10.000	0.00045080	0.000065410	k. 13.000	0.000503
Creuzot.......	0.000021087	7.000	0.000301	0.000032144	9.000	0.0003571	**0.000046975**	10.000	**0.00046975**	0.000064800	14.000	0.000460
Montataire[1]...	—	—	—	**0.000037250**	8.060	**0.0004615**	0.000045510	10.000	0.00045510	**0.000078000**	13.000	**0.000600**
Commentry...	0.000019730	6.500	0.000303	0.000031850	8.250	0.0003800	0.000043430	9.500	0.00045700	0.000060978	12.500	0.000488
Providence....	—	—	—	0.000028500	9.000	0.0003160	0 000039765	11.000	0.00036150	0.000058277	14.000	0.000416

PROVENANCE	0.16 de hauteur $\frac{I}{v}$	0.16 P	0.16 $100\frac{\frac{I}{v}}{P}$	0.18 de hauteur $\frac{I}{v}$	0.18 P	0.18 $100\frac{\frac{I}{v}}{P}$	0.20 de hauteur $\frac{I}{v}$	0.20 P	0.20 $100\frac{\frac{I}{v}}{P}$	0 22 de hauteur $\frac{I}{v}$	0 22 P	0 22 $100\frac{\frac{I}{v}}{P}$	0 20 larges ailes[2] $\frac{I}{v}$	0 20 l. a. P	0 20 l. a. $100\frac{\frac{I}{v}}{P}$
Vezin-Aulnoye.	0.000080490	k. 14.000	0.0005749	**0.000128960**	k. 19.000	**0.00067870**	**0.00016371**	k. 20.000	**0.0008185**	**0.000203310**	k. 21.000	**0.0008470**	**0.000260**	k. 29.000	**0.000869**
Creuzot.......	0.000088727	15.000	0.0005915	0.000127870	19.500	0.00062450	0.00015376	22.000	0.0006900	0.000195600	25.500	0.0007670	0.0002193	28.000	0.000783
Montataire[1]...	**0.000115190**	16.500	**0.0006980**	0.000119250	20.000	0.00059620	0.00015167	22 000	0.0006890	0 000175660	24.300	0.0007230	—	—	—
Commentry...	0.000079585	13.000	0.0006120	0.000121315	20.000	0.00060600	0.00017111	23.000	0.0007430	0.000199100	25.000	0.0007760	0.0003060	38 000	0.000805
Providence....	0.000078369	15.000	0.0005244	0.000115916	20.000	0.00057958	0.00015575	22.000	0.0007079	0.000176872	25.000	0.0007075	0.0002943	38.000	0.000774

1. Les forges de Montataire ne fabriquent plus leurs fers, les $\frac{I}{v}$ ont été pris dans l'Aide-Mémoire Claudel, 1877. 2. Au-dessous de 0.20 les fers larges ailes ne sont pas avantageux.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — La navigation du Rhin. — Industrie de la houille dans le bassin de la Ruhr. — La ville de Londres. — Machines locomotives à l'exposition de Chicago. — Origine du treuil à double tambour. — Chemin de fer à voie étroite.

La navigation du Rhin. — Nous trouvons dans un rapport adressé au Ministre des affaires étrangères, par M. Bœufvé, gérant du Consulat général de France à Francfort, les renseignements suivants sur la navigation du Rhin.

Le chiffre total des navires parcourant le Rhin s'élève actuellement à 3,114. Sur ce nombre, 2,820 sont des bateaux à voiles ou à remorquage et 294 sont des bateaux à vapeur : 1305 des premiers sont sous pavillon allemand, 1425 sous pavillon hollandais, 74 sous pavillon belge, 10 sous pavillon anglais et 6 sous pavillons divers.

Quant à la navigation à vapeur, elle se répartit comme suit : 155 bateaux allemands, 112 hollandais et 27 belges.

Des bateaux à voiles ou à remorquage, 2458 sont en bois et jaugent collectivement 390,592 tonneaux, soit une jauge moyenne de 159 tonneaux, et 362 sont en fer et jaugent 140,530 tonneaux, soit une jauge moyenne de 188 tonneaux.

Sur les 294 bateaux à vapeur, il y en a 135 à roues et 159 à hélice. Parmi les premiers, 15 servent exclusivement au transport des voyageurs, 44 portent des voyageurs et des marchandises, 4 ne transportent que des marchandises et 66 servent exclusivement au remorquage. La moyenne de jauge est de 95 tonneaux par bateau.

Des 159 bateaux à hélice, 4 portent des voyageurs, 12 des voyageurs et des marchandises, 18 des marchandises seulement et enfin 106 servent exclusivement au remorquage. La jauge moyenne est de 250 tonneaux par bateau; 14 de ces bateaux jaugent plus de 300 touneaux et 8 plus de 500.

La force collective des bateaux à roues est de 15,984 chevaux, soit 118 en moyenne par bateau et celle des bateaux à hélice 5,532, soit 35 en moyenne.

Les tableaux ci-dessous donnent un aperçu de la part qui revient aux différents pavillons dans la navigation du Rhin.

Bateaux à voiles ou remorqués.

PAVILLONS.	BATEAUX.	TONNAGE Total.	TONNAGE Moyen.
Allemand	1305	299.670	230
Hollandais	1425	218.553	154
Belge	74	12.290	166
Anglais	10	959	96
Divers	7	650	108
Totaux et moyenne	2820	531.122	189

Bateaux à vapeur.

PAVILLONS.	BATEAUX.	FORCE des machines.	TONNAGE Total.	TONNAGE Moyen.
		chevaux		
Allemand	155	10.394	5.807	109
Hollandais	112	4.939	5.675	149
Belge	27	1.183	5.860	217
Totaux et moyenne	294	21.516	17.342	170

On voit, d'après ces tableaux, que les bateaux hollandais non à vapeur, tiennent la tête comme nombre, mais que, pour le tonnage, l'Allemagne est en première ligne. Il y a, en effet, 50 pour 100 de bateaux hollandais, 46 pour 100 de bateaux allemands et 3 pour 100 de belges, tandis que les 56 pour 100 du tonnage total appartiennent à l'Allemagne. Pour les bateaux à vapeur, 50 pour 100 sont allemands, 38 hollandais et 9 pour 100 belges. La force en chevaux des vapeurs allemands représente 71 pour 100 de la force totale des vapeurs du Rhin.

Les bateaux exclusivement consacrés au service des passagers sont tous allemands, les vapeurs hollandais transportent toujours des marchandises en même temps que des voyageurs et les vapeurs belges ne servent qu'aux marchandises ou au remorquage.

L'Allemagne a le plus grand nombre de bateaux à roues (107) et la Hollande la majorité des bateaux à hélice (84).

Quant à l'âge des bateaux employés sur le Rhin, très peu de bateaux allemands en bois remontent au delà de 1874 et pas un au delà de 1837 ; le plus ancien bateau hollandais en bois date de 1823.

Pour les bateaux en fer, il y en a un allemand de 1829, tandis que, des bateaux hollandais, aucun n'est antérieur à 1863 et, des belges, aucun à 1853.

Les plus anciens bateaux à roues sont allemands et datent de 1840, les plus anciens à hélice sont hollandais et remontent à 1837.

La navigation du Rhin est desservie par un total de 10,372 hommes d'équipage, dont 8,007 à bord des bateaux à voiles ou remorqués et 2,365 à bord des vapeurs. Sur ce total de 10,372 hommes, 5,170 servent à bord de bateaux allemands, 4,780 de bateaux hollandais, 376 de bateaux belges, 31 de bateaux anglais et 15 à bord de bateaux naviguant sous d'autres pavillons.

Industrie de la houille dans le bassin de la Rühr. — La navigation du Rhin trouve un aliment important dans le transport des houilles, notamment du bassin de la Rühr et nous croyons devoir donner quelques extraits d'un rapport de M. Jacquot, consul de France à Dusseldorf, au Ministre des affaires étrangères.

Le bassin de la Rühr, situé sur la rive droite du Rhin, à cheval sur la Prusse Rhénane et la Westphalie, contient des gisements d'une étendue d'environ 2,300 kilomètres carrés et d'une richesse évaluée à 45 milliards de tonnes, pouvant faire face pendant 1800 ans à une extraction annuelle de 25 millions de tonnes.

Près de la moitié, 40 pour 100, de cette masse s'étale en couches régulières à une profondeur qui n'excède pas 250 mètres. Le puits le plus profond du bassin en 1881 atteignait 596 mètres. Les houilles de la Rühr sont de qualités très diverses et se prêtent à tous les usages de l'industrie, bien qu'on leur reproche, en général, d'être un peu friables.

Il est intéressant d'indiquer les grandes lignes par lesquelles des quantités notables atteignent, soit des places importantes à l'intérieur, soit un débouché sur le marché extérieur.

Le bassin de la Rühr a produit en 1881, 23,576,000 tonnes, soit les 54 pour 100 de la production de toute la Prusse.

Les besoins de la consommation intérieure croissent avec rapidité, par suite de l'extension des entreprises industrielles. C'est à ce point que les deux millions et quart de tonnes qui ont été extraites en 1882 de plus qu'en 1881, ont été absorbées presque en totalité dans la région rhénane, westphalienne et dans la zone environnante par les besoins des usines; l'exportation n'en a pris qu'une faible part.

Ainsi, vers la France, l'exportation qui avait été en 1881 d'environ 334,000 tonnes, s'est élevée en 1882 de 8 pour 100. Vers la Belgique, elle

n'a augmenté que de 3,6 pour 100 et, vers la Hollande, elle a baissé de 0,80 pour 100. La Hollande, pays sans industrie, semble être arrivée à son maximum de consommation, tandis que le marché intérieur de l'Allemagne jouit d'une puissance d'absorption considérable, à laquelle cependant on peut concevoir des limites. Aussi est-ce dans les directions d'Anvers, de Rotterdam et de Hambourg que l'industrie houillère de la Rühr commence à tourner ses regards, impatiente de respirer sur la mer, et incertaine encore si c'est par Anvers ou par Hambourg qu'elle pourra un jour le faire commodément.

Les quantités de houille allemande provenant du bassin de la Rühr et aussi, pour une part, du bassin d'Aix-la-Chapelle, expédiées dans les directions de la Hollande, de la Belgique et de Hambourg sont :

Hollande.	1881	2,481,062	tonnes
	1882	2,461,229	—
Belgique	1881	585,720	—
	1882	606,922	—
Hambourg. . . .	1881	452,650	—
	1882	475,890	—

Ces trois groupes de chiffres expriment la force actuelle d'expansion des houilles de la Rühr vers le nord, c'est-à-dire leur force de résistance contre l'importation anglaise qui se fait par les embouchures du fleuve.

En Belgique, les charbonnages du pays interviennent naturellement comme troisième facteur dans le problème de cette concurrence : aussi, pour plus de simplicité, et s'en tenant aux deux termes extrêmes, Hollande et Hambourg, peut-on dire que les houilles de la Rühr ont présentement leur meilleur débouché en Hollande et leur écoulement minimum sur la place de Hambourg. Les Anglais jettent chaque année sur cette place plus d'un million de tonnes.

La raison de cette inégalité se trouve dans les conditions inégales des transports.

Voici en effet les tarifs des chemins de fer pour transport de 10,000 kilogrammes de houille de la Rühr, à destination de la Hollande et de la Belgique.

Par envois isolés de 10 tonnes :

Rotterdam et Amsterdam . . . . 68 fr. 75 à 70 fr.
Anvers. . . . . 79 fr. 25 à 80 fr.

Par envois de 50 tonnes ou moins à une ou plusieurs adresses :

Rotterdam et Amsterdam. . . . . 61 fr. 25
Anvers . . . . 71 fr.
Port d'Anvers pour l'exportation . . . . 63 fr.

Par envois d'au moins 250 tonnes par trains extra, auxquels peuvent participer jusqu'à cinq mines de la même station, pour l'exportation maritime.
Port d'Anvers . . . . 59 fr. 30

Pour la Hollande seulement, il existe, en outre, un tarif d'étapes, suivant lequel, pour envois de 250 tonnes au minimum jusqu'à 400, dont 75 pour 100 ou moins à destination d'Utrecht et des stations au delà, sont accordés les tarifs ci-après :

1 train extra par semaine	61 fr. 25
2 id.	60 fr. 00
3 id.	58 fr. 75
4 id.	57 fr. 50
5 id.	56 fr. 25
6 trains et plus par semaine.	55 fr. 00

Les tarifs ci-dessus s'appliquent spécialement au ressort de la chambre de commerce d'Essen, situé au centre du bassin de la Rühr. Il n'y a, d'ailleurs, que de faibles différences entre les tarifs applicables aux trois groupes dans lesquels se répartissent, pour les expéditions en Hollande, les charbonnages du bassin.

Voici les tarifs des chemins de fer pour transport de 10,000 kilogrammes de houille de la Rühr à destination des ports allemands de la mer du Nord :

Par envois de 10 tonnes ou un seul wagon :

Brême	75 fr.
Hambourg	92 fr. 50

Par envois de 5 tonnes ou cinq wagons :

Brême.	75 fr.
Hambourg	75 fr.

Par envois de 10 tonnes pour l'exportation maritime :

Brême	56 fr. 25
Hambourg	68 fr. 75

On voit que c'est vers la Hollande que les houilles de la Rühr ont les plus grandes facilités d'écoulement, puisque le transport de la tonne peut s'y abaisser jusqu'à 5 fr. 50 et cela, non seulement pour les destinations extrêmes, mais aussi pour une partie des stations intermédiaires, celles au delà d'Utrecht.

Les lignes belges accordent aussi des tarifs très réduits, jusqu'à 6 francs, mais seulement pour le transit des charbons destinés à l'exportation maritime par Anvers, et elles évitent de favoriser l'envahissement du marché national.

Quant aux chemins de fer allemands, ils font payer 7 fr. 90 pour le transport d'une tonne à destination de Brême et de Hambourg, sauf pour les charbons destinés à l'exportation par mer. Ceux-ci payent seulement 5 fr. 65 6 fr. 90, en vertu d'une réduction de tarif accordée depuis le 1er juillet 1882, sur la demande de la conférence des chemins de fer tenue à Hambourg le 13 avril de la même année. Toutefois, par une anomalie singulière, les charbons embarqués pour la consommation des paquebots ne sont pas admis à bénéficier de cette réduction ; ils sont censés appartenir à la con-

sommation intérieure et soumis, pour le transport jusqu'à Brême et Hambourg, au tarif de 7 fr. 50. Les producteurs de la Rühr se plaignent beaucoup de cette distinction qui ne les aide guère à disputer aux Anglais la clientèle des compagnies de navigation.

La faveur faite aux houilles de Westphalie qui se dirigent vers la Hollande se justifie déjà par ce fait que Hambourg est d'un bon tiers plus éloigné du centre du bassin de la Rühr que ne le sont Rotterdam et Anvers; et aussi par la situation avantageuse de ces deux ports sur le Rhin ou à proximité de son embouchure,

Pour gagner Brême et Hambourg, les houilles de Westphalie n'ont d'autre voie que le chemin de fer; pour se rendre à Rotterdam ou à Anvers, elles ont le choix entre le chemin de fer et la voie fluviale.

Sur les 2,481,000 tonnes de houille qui sont entrées en Hollande en 1881, le Rhin en a transporté 1,545,000 et le chemin de fer seulement 936,000; et, sur les 585,000 tonnes qu'a reçues la Belgique, 182,000 sont venues par le Rhin et les bouches de l'Escaut.

Cette concurrence fluviale rend compte de l'abaissement des tarifs de chemins de fer dans ces deux directions, et elle explique pourquoi les chemins de fer hollandais, dont le fleuve longe le parcours, ont dû faire des concessions plus grandes que les lignes belges qui ne sentent l'effet de la concurrence fluviale qu'à l'extrémité du trajet, au port d'Anvers.

Voici dans quelle limite ont varié, pendant l'année 1881, les prix de 10 tonnes de houille sur le Rhin :

Du carreau de la mine à	Rotterdam,	41 fr. 25	à 46 fr. 25,
	Amsterdam,	54 fr. 35	à 57 fr. 15,
	Anvers,	55 fr.	à 58 fr. 75.

Ces prix comprennent tous les frais, savoir : transport par voie ferrée de la mine à l'un des ports de la Rühr, transbordement dans le bateau du Rhin, assurance jusqu'à ce bateau, fret sur le Rhin jusqu'à destination.

Ces prix restent bien au-dessous des tarifs de chemins de fer; néanmoins, le chemin de fer, comme on l'a vu plus haut, retient une bonne partie du trafic : vers la Hollande, presque la moitié; vers la Belgique, près des trois cinquièmes, parce qu'il transporte vite, ce qui a son importance pour l'exécution de certains marchés et qu'il évite, dans le trajet, des transbordements toujours longs et souvent nuisibles à la qualité de la marchandise.

Ce qui importe pour l'industrie houillère de la Rühr, au moins autant que d'élargir ses débouchés au dehors, c'est de reconquérir sur les Anglais l'important marché de Hambourg. Chaque année, il entre en Allemagne, rien que par les côtes de la mer du Nord, sans parler de la Baltique, environ 1,350,000 tonnes de houille anglaise, et Hambourg reçoit les trois quarts de cette importation. Cela tient à ce que le fret de la Tyne à Hambourg est très sensiblement inférieur au prix de transport de la tonne

venant de la Rühr par chemin de fer. Le fret anglais varie de 5 fr. 60 à 6 fr. 25 (en mars et avril 1883, il était à 6 francs); c'est une différence d'au moins 1 fr. 25 au désavantage des charbons westphaliens. Néanmoins, grâce à des efforts soutenus et aussi à la clientèle de la marine de l'État et des grandes compagnies de navigation, les charbons de la Rühr sont parvenus à prendre pied à Hambourg. En 1875, ils ne représentaient que 60,000 tonnes. Voici les chiffres des trois dernières années :

	Houilles arrivées à Hambourg,	
	d'Angleterre.	de la Rühr.
1880.	1,025,550	338,910
1881.	1,001,118	451,650
1882.	1,013,334	475,890.

Les charbons de la Rühr gagnent donc beaucoup de terrain, tandis que l'importation anglaise reste stationnaire.

Sur le marché de Berlin, la concurrence entre les houilles anglaises et les houilles de Westphalie se poursuit, à l'avantage également de ces dernières, dans le champ laissé libre par les provenances de Silésie qui sont maintenant maîtresses du marché.

	Houilles arrivées à Berlin,		
	de Westphalie.	d'Angleterre.	de Silésie.
1880.	82,327	109,880	843,640
1881.	90,168	72,147	834,719.

Un des grands consommateurs de charbons de la Rühr (comme à Paris) est la Compagnie du gaz.

Quoi qu'il en soit, il entre encore, chaque année, à Hambourg, plus d'un million de tonnes de charbons anglais représentant, au bas mot, une valeur de 7 millions et demi de francs, qui pourraient aussi bien venir grossir les recettes des producteurs de la Rühr. Ces derniers demandent, pour affranchir l'Allemagne de ce tribut payé à l'étranger, que les chemins de fer abaissent de 7 fr. 50 à 5 fr. 25 le tarif de la tonne jusqu'à Hambourg. A la rigueur, ils seraient satisfaits si le tarif réduit du 1er juillet 1882, qui n'est applicable qu'aux destinations d'outre-mer, était étendu à tous les envois sans distinction d'emploi ou de destination ultérieure, et ils invoquent cette considération que le transport de ce million de tonnes procurerait aux chemins de fer un surcroît de recettes de 6 à 7 millions de francs.

Mais si l'État prussien se refuse, malgré des raisons aussi sérieuses, à généraliser la réduction des tarifs pour Hambourg, c'est sans doute par crainte de troubler l'équilibre économique de l'Allemagne. Cette réduction permettrait, en effet, aux houillères de Westphalie, non seulement de reprendre le marché de Hambourg sur les Anglais, mais encore de disputer avec avantage aux charbons de Silésie l'important marché de Berlin. Déjà, malgré l'élévation des tarifs actuels, une partie, un tiers environ, des houilles

de la Rühr qui vont à Berlin, y arrivent en passant par Hambourg, où elles empruntent ensuite la voie fluviale. C'est par masses qu'elles prendraient ce chemin pour inonder la capitale de l'empire, le jour où les voies ferrées transporteraient toutes les houilles aux conditions qui sont accordées pour les expéditions d'outre-mer. (*A suivre.*)

La ville de Londres. — Dans son discours d'installation à l'*Institution of civil Engineers* prononcé le 8 janvier dernier, le nouveau président, Sir J. W. Bazalgette, a parlé des conditions d'hygiène des grandes villes et donné des détails intéressants sur Londres en comparaison avec quelques autres capitales.

La partie de Londres qu'on appelle en anglais *London*, pour la distinguer de la banlieue, *Outer London*, et qui est renfermée dans les limites municipales et sous l'administration de la municipalité, contient quatre millions d'habitants et occupe une superficie de 304 kilomètres carrés, sur laquelle sont bâties 500,000 maisons. La moyenne est ainsi de 8 personnes par maison, ce qui fait 175 maisons et 132 habitants par hectare. Cette population est égale à celle de la Hollande, supérieure à celle de l'Écosse, double de celle du Danemarck, et, si elle continue à s'accroître dans les proportions actuelles, elle égalera, à la fin du siècle, la population de l'Irlande, comme le fait d'ailleurs, dès à présent, celle de la banlieue de Londres. La population s'accroît, à Londres, de 70,000 habitants par année, c'est-à-dire d'une quantité égale à la population de villes comme Genève ou Plymouth ; il est permis de se demander à quel chiffre elle pourra arriver.

En 1878, il y avait 2,753 kilomètres de voies publiques, dont 2,154 macadamisées, 540 pavées en granit, 24 pavées en bois (quantité considérablement augmentée depuis), et 35 en asphalte. La longueur totale des égouts était de 3,700 kilomètres, variant de diamètre entre $0^m,22$ et $3^m,75$. Toutes les maisons sont en communication avec les égouts et l'évacuation des résidus et matières sujettes à décomposition se fait au moyen de l'eau des maisons et sans manipulation d'aucune sorte. Cette eau sert de moyen d'entraînement pour conduire les matières jusqu'aux réservoirs couverts de 6, 4 hectares de superficie et 270,000 mètres cubes de capacité, situés sur les bords de la Tamise, à 20 kilomètres en aval du pont de Londres.

L'alimentation d'eau de Londres est assurée par huit compagnies régies toutes par certains actes du Parlement. Ces compagnies fournissent ensemble journellement 630,000 mètres cubes, dont 70 à 80,000 sont consommés en dehors de la ville proprement dite. Le capital de ces compagnies s'élève à environ 325 millions de francs ; l'eau est fournie à raison de 17 centimes le mètre cube ; les dépenses sont de 7 centimes environ, ce qui laisse un profit de 10 centimes.

L'éclairage de la métropole est effectué par trois compagnies de gaz ; le prix varie de 13 à 10 centimes par mètre cube. Il se produit 560 millions de mètres cubes par an, avec 2 millions de tonnes de charbon. Ce gaz est distribué par 4,000 kilomètres de conduites de $0^m,075$ à $1^m,22$ de diamètre.

La dépense annuelle de l'éclairage s'élève à plus de 75 millions de francs, c'est-à-dire à plus du double de la dépense de l'alimentation d'eau.

L'éclairage électrique fait des progrès et la Compagnie Jablochkoff éclaire actuellement le quai Victoria au prix de 15 centimes par foyer et par heure.

Le péage a été supprimé depuis cinq ans sur onze des ponts de la Tamise, et de nouveaux ponts sont en construction à Hammersmith, Putney et Deptford-Creek, et un autre sera bientôt commencé à Battersea.

La Metropolitan Fire-Brigade (corps des pompiers) compte 576 hommes avec 41 pompes à vapeur et 115 pompes à bras. Il y a eu, en 1882, 1,296 incendies, dont 164 sérieux, lesquels ont entraîné la mort de 36 personnes. Le service coûte à peu près 2 millions et demi de francs par année.

Les polices métropolitaines et de la Cité comptent ensemble 13,000 hommes. La superficie sur laquelle s'étend leur action dépasse 1800 kilomètres carrés ; la proportion de l'effectif de la police, par rapport à la population, est inférieure à celle de Paris qui est de 1 à 373. Mais la superficie d'action est vingt-trois fois plus étendue à Londres qu'à Paris, et on peut constater avec satisfaction que, bien que beaucoup de crimes restent encore impunis, Londres est la capitale relativement la moins sujette aux attaques contre la vie et la propriété.

Paris occupe une superficie de 78 kilomètres carrés contenant 77,000 maisons habitées par 2,240,000 personnes, ce qui fait 29 habitants par maison, 10 maisons et 290 habitants par hectare. La population de Paris est donc plus de deux fois plus dense qu'à Londres et la proportion d'habitants par maison y est plus que quadruple. Paris a 937 kilomètres de rues sur lesquelles il y a 117 kilomètres de tramways et 708 kilomètres d'égoûts.

New-York a une population de 1,350,000 habitants occupant 100,000 maisons, soit 13.5 habitants par maison. Il y a 563 kilomètres de rues pavées sur lesquelles sont posés 320 kilomètres de tramways. La longueur totale des égouts est de 628 kilomètres. Sir J. Bazalgette a pu, grâce à l'obligeance des consuls britanniques et de diverses autres personnes, se procurer des renseignements statistiques analogues sur 75 villes de l'étranger, lesquels renseignements sont classés et réunis sous forme de tableaux.

On peut dire que Londres, malgré son brouillard légendaire et la fumée des 5,800,000 tonnes de charbon qui s'y brûlent annuellement, est encore de toutes les grandes villes du monde la plus salubre. La mortalité qui était, pour la période de 1860 à 1870, de 24,4 par 1,000, s'était abaissée, à la fin de 1882, à 21,4 par 1,000.

Machines élévatoires. — MM. Simpson et Cie ont récemment installé à Hammersmith une paire de machines élévatoires à deux cylindres et à balancier pour les West-Middlesex Waterworks. Les dimensions principales de ces machines sont :

Diamètre des petits cylindres	$0^m,737$
Course —	$1^m,651$
Diamètre des grands cylindres. . . .	$1^m,207$
Course —	$2^m,438$
Diamètre des pompes	$0^m,456$
Course —	$2^m,438$
Nombre de tours par minute.	26

La vapeur est fournie par trois chaudières à foyers intérieurs et tubes Galloway de $1^m,830$ de diamètre et $8^m,540$ de longueur ; les carneaux contenant les foyers ont $1^m,067$ de diamètre.

Les expériences ont donné les résultats suivants :

Puissance en eau montée	165 chevaux.
— indiquée	206,5 —
Consommation de charbon par heure et par cheval en eau montée . . .	$0^k,870$
Consommation de charbon par heure et par cheval indiqué.	$0^k,700$

Les machines-locomotives à l'Exposition de Chicago. — L'Exposition nationale de matériel de chemins de fer qui a eu lieu à Chicago l'année dernière contenait une vingtaine de locomotives modernes, indépendamment d'un certain nombre d'anciennes machines de construction anglaise ou américaine posées au point de vue historique.

Voici comment se répartissaient entre les principaux établissements de construction des États-Unis, les machines de la première catégorie.

Les « Brooks Locomotive Works, » à Dunkirk, État de New-York, ont exposé sept machines, dont deux à voie étroite ; on trouvera ci-après les données principales des plus intéressantes de ces machines.

Les « Baldwin Locomotive Works, » de Philadelphie, ont envoyé quatre locomotives, dont deux à voie étroite ; nous reviendrons tout à l'heure sur les deux premières. On peut rappeler ici que les établissements de Baldwin, fondés en 1832, ont, de cette date au mois de mai 1883, construit 6,755 locomotives.

Les « Pittsburgh Locomotiv Works » ont exposé trois locomotives à voie normale.

Les ateliers Dickson, à Scanton, ont envoyé une locomotive à voie normale.

Les établissements Cooke, à Paterson, exposaient une très puissante machine destinée au « California Southern Pacific Railroad. » Cette machine pesant 55 tonnes en service, était la seule de l'exposition dont les cylindres fussent inclinés.

Les ateliers Rodgers, à Paterson, avaient deux locomotives.

Les « Mount Savage locomotive Works » exposaient deux machines à voie étroite.

Les « Rhode Island locomotive Works, » de Providence, avaient une locomotive.

Enfin, la Compagnie du « Baltimore and Ohio Railroad » avait envoyé une machine construite dans ses ateliers.

Nous avons, dans la Chronique de novembre 1883, page 576, donné quelques détails sur la machine à quatre essieux à voie de $0^{m},90$, des ateliers de Baldwin.

Voici quelques renseignements sur plusieurs des autres types de machines locomotives qui figuraient à l'exposition de Chicago :

1° Machine à marchandises, type *Mogul*, des Brooks locomotive Works; six roues couplées et un avant-train mobile, roues du milieu sans boudins; écartement des essieux, $2^{m},292 + 2,134 + 2,591 = 7^{m},017$; diamètre des roues motrices, $1^{m},520$; des roues de l'avant-train, $0^{m},762$; diamètre des cylindres, $0^{m},457$; course des pistons, $0^{m},610$; diamètre du corps cylindrique, $1^{m},321$; longueur des tubes, 3,394; diamètre de ces tubes, 51 millimètres à l'extérieur, nombre, 197; surface de grille, $1^{m2},579$; surface de chauffe, $10,58 + 106 = 116,58$; poids de la machine vide, 35,4 tonnes; poids en service, 39 tonnes.

2° Machine de manœuvre des mêmes constructeurs, six roues couplées, roues du milieu sans boudins, écartement des essieux, $1,575 + 1,473 = 3^{m},048$; diamètre des roues, $1^{m},219$; diamètre des cylindres, $0^{m},432$; course, $0^{m},610$; diamètre du corps cylindrique, $1^{m},219$; 140 tubes de 51 millimètres à l'extérieur et $3^{m},075$ de longueur; surface de grille, $1^{m},389$, de chauffe, $6,246 + 67,817 = 74,063$ mètres carrés; poids vide, 26,76 tonnes; poids en service, 30 tonnes.

3° Machine à marchandises, type *Consolidation*, de Baldwin, 8 roues couplées et avant-train mobile, roues du milieu sans boudins; écartement des essieux accouplés, $4^{m},269$; écartement extrême, $6^{m},557$; diamètre des roues accouplées, $1^{m},245$, des roues de l'avant-train, $0^{m},737$; diamètre des cylindres, $0^{m},508$; course, $0^{m},610$; diamètre du corps cylindrique, $1^{m},500$; 266 tubes de 51 millimètres de diamètre extérieur et $3^{m},873$ de longueur; surface de grille, $2^{m},787$; surface de chauffe, $10,87 + 162,94 = 173,81$ mètres carrés; poids en service, 51,7 tonnes; poids adhérent, 45,4 tonnes.

4° Machine à voyageurs de Baldwin, deux essieux accouplés; avant-train mobile à deux essieux; écartement des essieux accouplés, $2^{m},591$; écartement extrême, $7^{m},096$; diamètre des roues motrices, $1^{m},575$, des roues de l'avant-train, $0^{m},711$; diamètre des cylindres, $0^{m},432$; course, $0^{m},610$; diamètre du corps cylindrique, $1^{m},295$; 196 tubes de 51 millimètres à l'extérieur et $3^{m},648$ de longueur; surface de grille, $1^{m},486$, de chauffe, $10,87 + 113,15 = 124,02$ mètres carrés; poids en service, 38 tonnes; poids adhérent, 24,64.

Origine du treuil à double tambour. — Le treuil à deux tambours, dont l'application la plus importante peut-être est celle qui a été faite au touage par chaîne, a une origine déjà ancienne et probablement peu

connue; il est dû à Bernouilli. Voici, en effet, ce qu'écrivait à ce sujet Borgnis dans son *Traité de mécanique appliquée aux arts*, ouvrage publié en 1818 et très oublié aujourd'hui, à tort, parce qu'on y trouve de curieux renseignements sur l'origine et la forme primitive de bien des organes ou machines en usage actuellement.

Bernouilli a observé que sur un cabestan, tant que la corde ne fait pas un tour entier et que les deux bouts sont tirés perpendiculairement à l'axe et dans le plan que la corde embrasse, en tournant le cylindre, la corde qui se dévide dessus demeure toujours dans le même plan sans s'approcher ni s'éloigner des extrémités du cylindre; et que, dans le cas où les directions suivant lesquelles on tire la corde ne sont pas dans le plan de l'arc que la corde fait d'abord sur le cylindre, elle change de place en le tournant jusqu'à ce que les directions de forces soient dans le plan de cet arc.

Ce mathématicien imagina un moyen facile d'éviter ce déplacement malgré l'obliquité, ce fut de faire autour du cylindre une entaille en forme de coulisse telle qu'on en voit aux poulies. Cette coulisse devait être assez profonde pour qu'en supposant une obliquité de force de 30 ou 40 degrés et au delà, la corde ne puisse en sortir pendant la rotation.

Suivant ces principes, Bernouilli proposa de faire passer le câble sur deux treuils, au lieu d'un seul, comme dans le cabestan simple, en faisant autour de chacun de ces deux cylindres un certain nombre de cannelures ou coulisses (gorges) toutes horizontales et, par conséquent, parallèles entre elles et proches les unes des autres; mais, afin de partager l'obliquité du câble qui passe d'un cylindre à l'autre, les coulisses (gorges), dans les deux cylindres, ne devaient pas être de niveau, la première coulisse du second cylindre devait se trouver entre les deux premières de l'autre. Alors, en faisant passer le câble dans la première coulisse du premier cylindre, puis en le repliant avant qu'il eût fait un tour entier dans la première coulisse de l'autre, on l'aurait fait passer de là dans la seconde coulisse du premier et ainsi de suite. Il adaptait à chacun des treuils une roue dentée; ces deux roues, s'engrenant mutuellement, auraient communiqué le mouvement de l'un à l'autre. Par ce moyen, le cordage peut se dévider sur les deux cylindres sans que, pour cela, il descende ou remonte à mesure qu'on tourne les cylindres sur lesquels il se dévide. On fait plusieurs coulisses qui occasionnent un frottement assez grand pour que le câble ne puisse pas glisser pendant qu'on tourne le cylindre. Cette méthode a été perfectionnée de différentes manières par plusieurs mécaniciens et, entre autres, par M. Cardinet, qui fut pour cet objet récompensé par le gouvernement en 1794. Elle a l'inconvénient de faire perdre au cabestan sa plus précieuse propriété, qui est la simplicité; elle en rend la manœuvre embarrassante et incommode et elle lui fait occuper un espace trop considérable.

Tourasse a employé les treuils doubles à gorges pour le touage à Lyon en 1821, peu d'années après la publication de l'ouvrage dont nous avons tiré ce qui précède, mais il ne fait aucune allusion à l'origine de ce dispo-

sitif; il se borne à dire dans son ouvrage (*Essai sur les bateaux à vapeur*, par Tourasse et Mellet, Paris, 1829) que les difficultés relatives à l'emploi des treuils ordinaires n'ont été surmontées que par la réunion de plusieurs poulies juxtaposées et disposées de manière à former deux tambours placés à une petite distance l'un de l'autre et que, partant de ce système, on a adapté aux toueurs construits pour la traversée de Lyon deux treuils à gorges qui ont donné les meilleurs résultats. L'application de ces treuils au touage était un des points indiqués par Tourasse et Courteaut dans leur brevet d'invention du 8 mars 1819 n° 962.

Chemin de fer à voie étroite. — Le bulletin de l'union des ingénieurs sortis des écoles spéciales de Louvain contient une note de M. N. Evrard sur un chemin de fer à petite section établi par lui au charbonnage de la Réunion, à Mont-sur-Marchiennes.

Ce chemin a pour but de relier le siège n° 4 d'exploitation au triage central distant de 2,700 mètres. Voici les données d'établissement de cette petite ligne :

1° La différence d'altitude des deux points à relier s'élève à 34 mètres, le siège n° 4 étant supérieur;

2° Autant que faire se peut, le tracé du chemin de fer devra suivre les limites des terrains figurant au plan parcellaire et cela afin de ne point trop morceler les propriétés pour faire l'acquisition des emprises;

3° Le matériel de transport ne sera autre que les wagonnets circulant à l'intérieur de la mine, le charbon chargé à la taille devant arriver directement au triage.

Voici comment, à l'aide de ces données, fut construit le chemin de fer.

D'abord, dans le profil en long, on fit usage de rampes assez fortes, telles que les rampes de 0^m,024 ; ces rampes ne sont franchies que par les rames à vide ou tout au plus par des rames effectuant le transport des bois nécessaires aux exploitations du puits n° 4.

Notons, cependant, qu'une rampe de 22 millimètres existait pour les rames en charge à la sortie de la station du puits n° 4. Cette rampe n'existe que sur 180 mètres de longueur et aboutit au point culminant du profil en long.

En second lieu, pour satisfaire à la deuxième condition du problème, c'est-à-dire pour éviter le morcellement des propriétés, on a dû recourir pour le tracé à des courbes de très petit rayon, 30,25 et même 20 mètres.

Enfin, le matériel de transport étant donné, l'écart intérieur des rails de la voie à établir se fixait à 0^m,42.

Le matériel de la voie se compose de rails Vignoles en fer pesant 14 kilogrammes le mètre courant ; ces rails sont posés sur des traverses en bois de chêne de 1 mètre de longueur et 10 sur 20 d'équarrissage. Ces traverses sont espacées de 0^m,70 d'axe en axe.

Certaines parties de la voie ont été confectionnées avec des traversines

Legrand, qui dispensent de l'emploi des accessoires tels que crampons, éclisses, boulons. La pose de la voie avec ce système est d'une grande facilité et s'opère très rapidement, et on a toutes les garanties désirables de solidité.

Dans les courbes de faible rayon, la voie doit présenter un soubassement du rail extérieur de 3 à 4 centimètres, tout en présentant également une surlargeur de 1 à 2 centimètres.

Une courbe de 15 mètres de rayon peut être parcourue sans difficulté avec un surhaussement de 4 centimètres et une surlargeur de 2.

Le matériel, comme on l'a dit, n'est autre que celui du fond, c'est-à-dire des wagonnets d'une contenance de 4 hectolitres. Les caisses sont en bois et solidement armées, les roues, en acier fondu, calées sur des essieux en acier plus doux.

Les roues sont intérieures au longeron, de sorte que le train (roues et essieux) possède deux fusées qui sont reçues dans des crapaudines fixées au longeron.

L'emploi des trains calés nous paraît assez avantageux pour le cas qui nous occupe la marche est très régulière dans les croisements et changements de voie,

Les roues ont un diamètre de $0^m,270$; les fusées ont $0^m,036$ de diamètre. Elle font, à la vitesse normale, de 250 à 300 tours par minute ; si on considère qu'à cette vitesse la charge sur la fusée s'élève à 150 kilogrammes au moins, on conçoit que la question de graissage est d'une importance tout à fait capitale.

Passons au moteur.

Le travail maximum à effectuer est le transport de 1,500 hectolitres sur une distance de 2,700 mètres en six heures.

Ce problème fut étudié et résolu par la Société anonyme de Couillet, qui construisit de petites locomotives de trois tonnes du même type que celles exposées en 1880 à Bruxelles.

Si l'on se rappelle que l'écartement des rails de la voie n'est que de $0^m,42$, on arrive, en prenant la distance de $0^m,85$ entre les deux essieux de la machine, à un rectangle de base de $0^m,85$ sur $0^m,42$ qui doit s'inscrire dans les courbes des rayons minimum.

Ces machines ont parfaitement donné ce qu'on en attendait et peut-être même plus.

La marche des rames est régulière et a lieu avec une vitesse moyenne de 6 mètres par seconde ($21^k,6$ kilomètres à l'heure), mais on ralentit à certains points, tels que passages à niveau, etc.

Voilà plus de deux années que ces machines fonctionnent et il ne s'est produit aucun déraillement, quoique le chemin de fer se soit quelquefois trouvé dans de mauvaises conditions à la suite des mouvements des remblais, etc.

Les rames remorquées se composent de 20 wagonnets pesant chacun en charge 600 kilogrammes, soit une charge totale de 12,000 kilogrammes.

Cette rame, ainsi composée, remonte aisément la rampe de 22 millimètres dont il a été question précédemment. Quant au travail maximum, il n'a pas été atteint à ce jour, parce que le siège n° 4 n'est pas encore arrivé à une production normale. Néanmoins, on peut être certain que la machine peut remorquer en six heures 400 wagonnets, ce qui correspond au travail maximum imposé.

Ce travail maximum n'ayant pas été atteint ni même approché, on ne peut fournir, relativement au prix de revient de la traction, que des approximations.

Voici les dépenses directes de traction pour le mois :

Huile et graisse	32 francs.
Objets divers.	10 —
Entretien de la machine	80 —
Combustible	55 —
Mécanicien.	320 —
Total.	497 francs.

La production pouvant atteindre 3,750 tonnes, la dépense ressort à $0^{f},13$ par tonne transportée et à $0^{f},05$ par tonne kilométrique. Ce chiffre n'est qu'approximatif.

On peut citer une application du même genre faite au charbonnage de Marcinelle Nord. Les wagonnets du fond à ce charbonnage ont un écartement de roues de $0^{m},35$. Les locomotives n'ont pas été construites sur cet écartement, mais sur celui de $0^{m},60$, de sorte qu'il y a trois rails pour la voie. Il en résulte un peu plus de complication pour les croisements et changements de voie, mais cela n'empêche nullement les petites locomotives de répondre à ce que l'on en attendait.

La note de M. Evrard ne donnant aucun renseignement relatif à la locomotive employée au charbonnage de la Réunion, nous avons pu combler cette lacune grâce à l'obligeance de notre collègue, M. A. Maroquin, directeur-gérant de la Société anonyme de Marcinelle et Couillet.

Voici les principales dimensions :

Surface de chauffe du foyer.	1,10
— des tubes	6,20
— totale	7,30
Diamètre des cylindres	0,145
Course des pistons	0,200
Diamètre des roues	0,450
Écartement des essieux.	0,850
Poids de la machine vide.	$3,200^{k}$
— en service.	$3,900^{k}$

Les cylindres sont légèrement inclinés, la distribution est du type Walschaert ; les caisses à eau sont disposées latéralement à la chaudière.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES MINES

4e LIVRAISON DE 1883.

Étude sur le **bassin de Fuveau** et un grand travail à y exécuter, par M. Villot, ingénieur en chef des mines.

Le bassin de Fuveau, situé en majeure partie dans le département des Bouches-du-Rhône et qui donne des lignites, a une importance considérable, mais son exploitation est gênée d'une manière très sérieuse par des quantités d'eau formidables contre lesquelles on a à lutter à certains moments. L'épuisement est donc une question capitale.

Le mémoire étudie les divers moyens essayés successivement avec plus ou moins de résultats pour l'enlèvement des eaux, entre autres la célèbre machine de Cornouailles, dite du Rocher-Bleu, installée en 1840, pour élever 3 mètres cubes par minute d'une profondeur de 128 mètres et qui, transportée plus tard au puits Saint-Joseph, rend encore aujourd'hui de grands services.

On entreprit ensuite une galerie d'assèchement, terminée en 1848 après avoir coûté plus de sept cent mille francs. Ces moyens suffirent à peu près jusqu'en 1856, où on établit une nouvelle machine. On se préoccupa, dès cette époque, d'une solution définitive du problème et on arriva à conclure que le moyen rationnel et tout indiqué était l'exécution d'une galerie de dégorgement à la mer.

L'auteur étudie le meilleur tracé à donner à cette galerie qui, d'après lui, devra aboutir à la mer près de la Joliette, à l'ouest de Marseille, après un parcours de 37 kilomètres. Une pente de 3 millimètres permettrait d'extraire sans épuisement 25 millions de tonnes de charbon. Avec une pente de 1/2 à 1 millimètre, suffisante pour l'écoulement de l'eau, on pourrait assécher naturellement 40,000,000 de tonnes.

L'exécution de ce grand travail aurait, en outre, l'avantage de réduire considérablement les frais de transport jusqu'à Marseille.

L'auteur conclut qu'il n'y a qu'un tracé possible et qu'il faut de toute nécessité couper la chaîne de l'Étoile et amener, dans le golfe même de

Marseille, les charbons que recèlent l'important bassin qui l'avoisine et les quantités d'eau formidables qui en ont jusqu'ici grevé le prix de revient et plus ou moins paralysé l'exploitation.

Analyse synoptique des rapports officiels sur les accidents de grisou, en France, de 1817 à 1881, dressée au nom de la commission d'étude des moyens propres à prévenir les explosions de grisou dans les houillères, par MM. Petitdidier et Lallemand, ingénieurs des mines.

Note sur le compensateur système Dujour pour assurer la manœuvre des signaux à grande distance en cas de rupture du fil de la transmission, par M. Schlemmer, inspecteur général des ponts et chaussées.

Bulletin des travaux de chimie exécutés en 1881 par les ingénieurs des mines dans les laboratoires départementaux.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 6 octobre 1883.

Communication de M. Brustlein sur les gaz contenus dans l'acier.

M. Brustlein rapporte les expériences faites par le docteur Muller à l'usine de Bochum :

1° Sur les gaz recueillis dans les lingotières mêmes au moment de la coulée ;

2° Sur les gaz obtenus en perçant un trou dans les lingots froids, comme dans les recherches précédentes de l'auteur.

Les résultats des essais semblent indiquer que dans les gaz recueillis dans les lingotières, c'est l'hydrogène qui domine, excepté pour les aciers Thomas recarburés où l'oxyde de carbone est prépondérant. On pouvait donc s'attendre à trouver au moins 30 pour 100 d'oxyde de carbone dans ces aciers Thomas soumis aux essais de perçage à froid. Or, ces essais ne donnent qu'une proportion infime d'oxyde de carbone, de sorte qu'on serait tenté d'admettre une résorption de ce gaz si on ne savait pas que l'acier au rouge vif absorbe de l'hydrogène de préférence à l'oxyde de carbone.

Il faudrait donc admettre que tout l'oxyde de carbone se dégage avant la solidification du métal et que c'est pour ce motif que le métal froid n'en

renferme plus. Mais, pour qu'on puisse considérer cette explication comme certaine, il faudrait qu'il fût prouvé qu'on ne trouve jamais d'oxyde de carbone dans l'acier froid.

Or, dans les expériences dans le vide, on trouve pour le fer et l'acier doux, à côté de l'hydrogène, de notables proportions d'oxyde de carbone, et M. Stead, en analysant les gaz des fosses de Giers à régulariser la température, a trouvé deux parties d'oxyde de carbone pour trois d'hydrogène.

C'est pour ce motif que l'explication précédente ne satisfait pas complètement l'auteur qui, en définitive, est disposé à comparer la formation des soufflures vermiculaires à la séparation du graphite qui se fait dans les fontes grises ou teintées au moment du passage à l'état solide.

L'hydrogène et l'azote, dit le Dr Muller, doivent être considérés comme combinés au métal au même titre que le carbone ou le phosphore, sinon totalement, au moins en partie. Ces deux gaz sont expulsés au moment de la solidification dans les mêmes conditions que le graphite dans les fontes. C'est pour cela qu'on ne trouve, après refroidissement, le plus souvent que de l'hydrogène et de l'azote dans les soufflures et que, d'un autre côté, la quantité de soufflures varie aussi pour le même métal suivant les conditions physiques de la coulée, comme cela a lieu pour le graphite de la fonte.

M. Brustlein croit devoir rappeler, au sujet des travaux du Dr Muller, les conclusions auxquelles étaient arrivés MM. Troost et Hautefeuille dans leur remarquable étude sur la solubilité des différents gaz dans la fonte, l'acier et le fer, savoir que :

« Le silicium diminue la solubilité de l'hydrogène dans la fonte en fusion. Le manganèse l'augmente dans une forte proportion. La fonte et l'acier dissolvent plus d'hydrogène que d'oxyde de carbone et retiennent le premier plus énergiquement que le second. Le fer doux, au contraire, dissout plus d'oxyde de carbone que d'hydrogène et c'est le premier de ces gaz qui est retenu avec plus d'énergie. Le manganèse diminue la solubilité de l'oxyde de carbone et peut même l'annuler complètement. »

Ces données peuvent trouver quelques applications aux réactions du Bessemer basique et aider à expliquer les phénomènes qui s'y passent au point de vue des gaz. M. Brustlein ajoute qu'en cassant des lingots à froid, on constate la présence de l'ammoniaque ou au moins d'un gaz soluble dans l'eau et donnant des réactions fortement alcalines ; c'est ce qui résulte d'observations dignes de foi [1].

Chaudière en hérisson. — M. Castel donne quelques renseignements sur un nouveau modèle de chaudière formée d'un cylindre vertical

[1] Voir à ce sujet la communication de notre collègue, M. Regnard, sur la présence de l'ammoniaque dans l'acier, faite dans la séance du 19 janvier 1877. (Mémoires et comptes rendus de la Société des Ingénieurs civils, 1877, page 91.

dont la partie inférieure est percée sur le pourtour de tubes où sont emmanchés des tubes Field se projetant extérieur dans un foyer en maçonnerie, ce qui donne à l'appareil l'aspect d'un hérisson.

La circulation dans les tubes est assurée par la présence de petits tubes intérieurs, le fond de la chaudière n'est pas chauffé directement, de manière que les dépôts puissent s'y effectuer sans inconvénients.

Communication de M. Brunet sur la **démolition d'une pile de pont par la dynamite**. — L'auteur a dû démolir une des piles du pont de Kampen (Hollande), qui s'était affaissée. On devait procéder avec précaution à cause du voisinage des maisons. On fit une série de trous avec des barres à mines, trous dans lesquels on mettait de petites charges de dynamite; une drague à vapeur enlevait les parties désagrégées, puis on recommençait et ainsi de suite; les gros débris étaient chargés par des plongeurs dans des bennes et remontés avec un treuil. La démolition de la pile, qui cubait 500 mètres, a été effectuée en 20 jours. M. Brunet s'occupe d'un travail plus considérable consistant dans la rupture par sections d'un grand paquebot échoué dans la Meuse, au-dessous de Rotterdam, à 10 mètres de profondeur.

On a déjà découpé, avec la dynamite, toutes les cabines en tôle qui couvraient le pont, la cheminée, le grand mât, etc., et une partie de ce même pont que l'on enlève par plaques de 10 à 12 mètres carrés. En dernier lieu, on vient de sortir l'un des treuils à vapeur, sans avoir brisé une seule tige, après avoir coupé les barrots du pont sur lequel il était fixé, ainsi que la tôle sur laquelle il était boulonné. Ce travail a eu lieu à une profondeur sous l'eau variant de 5 à 10 mètres. M. Brunet compte enlever d'abord tout le pont, puis les machines et ensuite découper la coque. Nous renverrons à ce sujet à la Chronique de septembre 1882, page 270, où a été décrite une opération analogue faite sur le Danube pour la destruction d'une épave par la dynamite.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

12e *livraison de* 1883.

La science de l'hydraulique en Italie, par J.-O. Knoke.
Le téléphone et le microphone, par L. Biedermann.
Questions mécaniques relatives à l'artillerie, par E. Polke.
La fonte malléable, par W. Bädeker.

Pompes à vapeur jumelles avec nouvelle disposition pour l'assemblage de la bielle et du plongeur, par Klein, Schanzlin et Becker.

Manchons d'accouplement pour cylindres de laminoirs, par Ed. Daelen.

Appareils de secours contre l'incendie à l'exposition d'hygiène et de salubrité de Berlin, en 1883, par Ed. Roesky.

Distribution de précision patente Proell et ses diverses formes de construction, par le Dr Proell et Scharowski.

Appareils de mesurage, de contrôle et d'enregistrement à l'exposition d'hygiène et de salubrité de Berlin, par A. Martens.

Méthode de traitement des matières fécales, par la maison Buhl et Keller de Fribourg en Brisgau, par le Dr C. Engler.

Procédé Bower-Barff.

Bibliographie. — Appareils de levage, par Ad. Ernst. Traité de l'électricité et du magnétisme de James-Clerk Maxwell, par le Dr B. Weinstein.

Correspondance. — Pompes. — Notice nécrologique sur C.-W. Siemens, par G. Gregor.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. MALLET.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ.

EN FRANÇAIS.

Académie des Sciences (Comptes rendus de l').
Académie des Sciences de Clermont-Ferrand.
Aéronaute (l').
Annales de la Construction.
Annales des Chemins vicinaux.
Annales des Conducteurs des ponts et chaussées.
Annales des Mines.
Annales des Ponts et chaussées.
Annales des Travaux publics.
Annales industrielles.
Association amicale des anciens élèves de l'École centrale.
Association des élèves sortis de l'école de Liège.
Association des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand.
Association des propriétaires d'appareils à vapeur.
Astronomie (l').
Bulletin des Mines.
Bulletin du tunnel du Simplon.
Bulletin historique et scientifique de l'Auvergne.
Bulletin officiel de la Marine.
Bulletin séricole français.
Chambre syndicale des constructeurs mécaniciens de l'arrondissement du Havre.
Charbon (le).
Chronique industrielle.
Comité des forges de France.
Constructeur (le).
Courrier des Brevets d'invention.
Écho Industriel (l').
Économiste (l').
Électricien (l').

Encyclopédie d'architecture.
Fer (le).
Gazette des architectes et du bâtiment.
Génie civil (le).
Houille (la).
Ingénieur (l') (Traduction de l'*Engineering*).
Journal d'agriculture pratique.
Journal de la Compagnie transatlantique.
Journal des Chambres de commerce.
Journal des Chemins de fer.
Journal des Fabricants de sucre.
Journal des Mines.
Journal des Travaux publics.
Journal des Usines à Gaz.
Journal du Céramiste et du Chaufournier.
Journal Officiel.
Lumière électrique (la).
Machines-outils (publication industrielle des).
Matériel agricole (le).
Ministère des Travaux Publics (bulletin du).
Monde de la Science et de l'Industrie.
Mondes (les).
Moniteur des fils et tissus.
Moniteur des Intérêts matériels.
Moniteur des Produits chimiques.
Moniteur des Travaux publics.
Moniteur industriel.
Musée de l'industrie de Belgique.
Nature (la).
Observatoire de Rio-Janeiro (Annales et bulletins de l').
Organe des Mines.
Papeterie (la).
Petites affiches (les).
Portefeuille économique des Machines.
Revue d'Artillerie.
Revue des Chemins de fer.
Revue des Industries chimiques et agricoles.
Revue d'architecture de Belgique.
Revue générale d'architecture.
Revue générale des Chemins de fer.
Revue horticole.

Revue maritime et coloniale.
Revue universelle des Mines et de la Métallurgie.
Semaine des constructeurs (la).
Semaine financière (la).
Société académique d'agriculture de l'Aube.
Société académique franco-hispano-portugaise.
Société de Géographie.
Société de Géographie de Marseille.
Société de Géographie commerciale de Bordeaux.
Société de l'Industrie minérale.
Société d'encouragement.
Société de protection des apprentis.
Société des Agriculteurs de France.
Société des anciens élèves des écoles d'Arts et métiers.
Société des Sciences de Lille.
Société des sciences industrielles de Lyon.
Société de statistique de Paris.
Société française de Physique.
Société industrielle de l'Est.
Société industrielle de Mulhouse.
Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne.
Société industrielle de Reims.
Société industrielle de Rouen.
Société industrielle du Nord de la France.
Société nationale d'agriculture de France.
Société scientifique industrielle de Marseille.
Société technique de l'Industrie du gaz.
Société vaudoise des Ingénieurs et architectes.
Société vaudoise des sciences naturelles.
Sucrerie indigène (la).
Technologiste (le),
Union des Ingénieurs sortis de l'Université catholique de Louvain.
Union géographique du nord de la France.

ALLEMANDS.

Annales Glaser.
Architekten und Ingenieur Vereins im königreiche Bohmen
Architekten und Ingenieur Vereins zu Hannover.
Centralblat der Bauverwaltung.

Dingler's polytechniches Journal.
Eisenbahn Zeitung osterreischischen.
Niederosterreischischen Gewerbe vereines.
Organ.
Osterreischischen Ingenieur und architekten vereines.
Schweizerische Bauzeitung.
Vereines deutscher Ingenieure.

ANGLAIS et AMÉRICAINS.

American academy of Arts and Sciences.
American Engineer.
American Society of civil engineers.
American Institute of mining engineers.
Canadian Institute.
Engineer (the).
Engineering.
Engineering club of Philadelphia.
Enginering news.
Franklin Institute.
Institution of civil engineers.
Institution of civil engineers and shipbuilders.
Institution of mechanical engineers.
Iron.
Iron and Steel institute.
Master Car Builders Association.
Midland institute.
Navy départment (Washington).
North of England institute of mining engineers.
Railroad gazette.
Science.
Society of arts (journal of the).
Society of engineers.
Society of telegraph and of electricians.

ESPAGNOLS.

Associacion central de ingeniores industriales.
El porvenir del Industria.

Revista des obras publicas.
Société des Ingénieurs portugais.

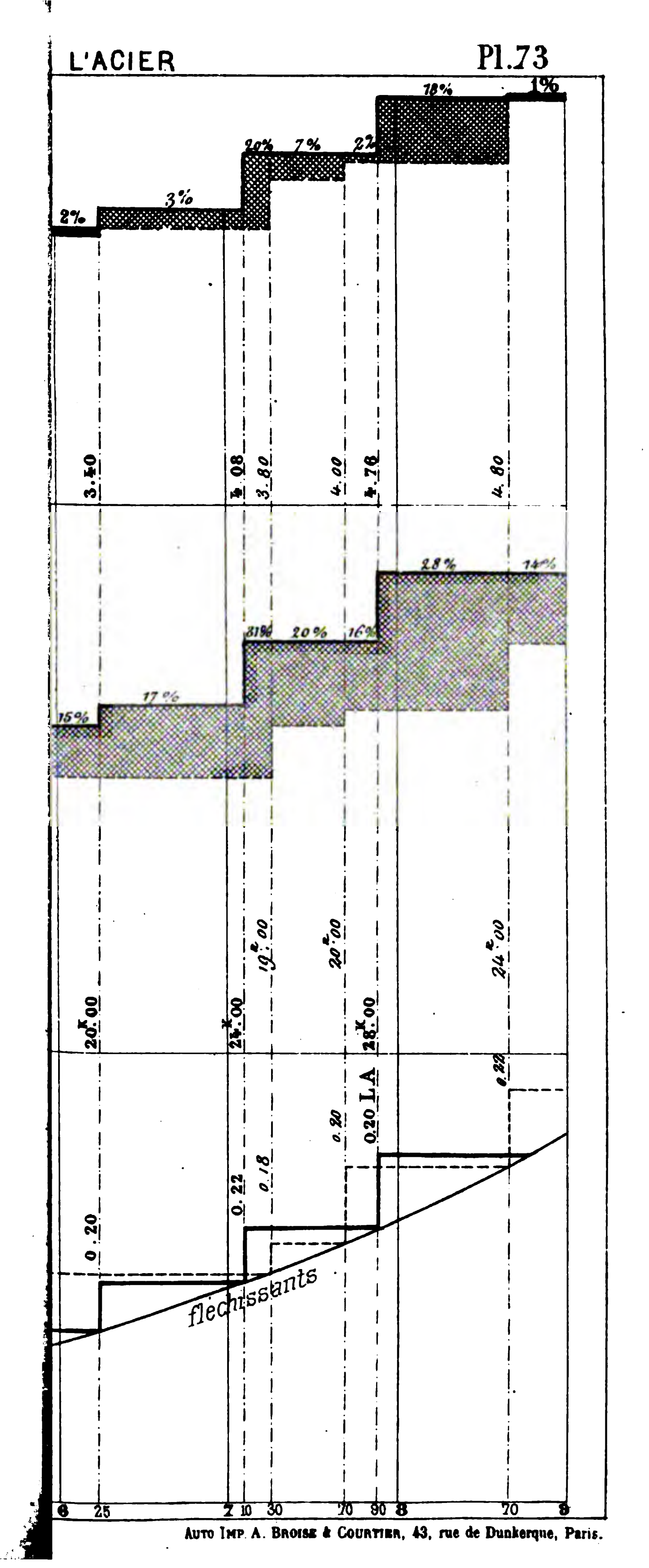
ITALIENS.

Académie des sciences de Rome.
Collegio degli architetti (Florence).
Esplorazione (l').
Giornale dei Lavori pubblici.
Politecnico (il).
Société des Ingénieurs industriels de Turin.

HONGROIS, POLONAIS, RUSSES et SUÉDOIS.

Ingénieur (Kieff).
L'Ingénieur (Saint-Pétersbourg).
Ingeniors foreningens forandlingar.
Magyar mernok ès Epitesz (Pesth).
Przeglad techniczny (Varsovie).
Norsk Teknisk Tidskrift.
Teknisk Tidskrift (Stockolm).
Société polytechnique impériale de Russie.

Paris. — Imprimerie E. Capiomont et V. Renault, rue des Poitevins, 6.


L'ACIER
Pl.73
2%
3%
20%
7%
2%
18%
1%
3.40
4.08
3.80
4.00
4.76
4.80
15%
17%
31%
20%
16%
28%
14%
20.00
24.00
19.00
20.00
28.00
24.00
0.20
0.22
0.18
0.20
0.20 LA
0.22
fléchissants
6
25
2
10
30
70
90
8
70
9
Auto Imp. A. Broise & Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

FÉVRIER 1884

N° 2

Pendant le mois de février, la Société a traité les questions suivantes :

1° *Attachés-ingénieurs dans les Consulats*, par M. de Nansouty (séance du 1er février, pages 148 et 157).

2° *Métallurgie du fer et de l'acier en Autriche-Hongrie*, (note sur l'état actuel de la), par M. Bresson (séance du 1er février, pages 150 et 201).

3° *Architecture métallique dans les constructions antiques* (Essai sur l'existence d'une), note de M. Charles Normand, architecte, présentée par M. Jules Gaudry (séance du 15 février, page 151).

4° *Loi anglaise sur les patentes d'invention*, par M. Casalonga (séance du 15 février, page 152).

5° *Nil et l'Égypte* (Le), par M. Cotard (séance du 15 février, pages 156 et 167).

Pendant le mois de février, la Société a reçu :

De M. Brüll, membre de la Société, un exemplaire du rapport de la commission d'expertise chargée par conseil d'Etat de la République et

canton de Neuchâtel de l'examen des *demandes de concessions des forces motrices de la Reuse;*

De M. Armengaud jeune, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur la *visite à l'Exposition internationale d'électricité de Vienne* (*Autriche*) *en* 1883;

De M. Hauet, membre de la Société, un exemplaire de ses études économiques de l'*Ingérence de l'État dans les emprunts contractés par les petites sociétés de chemins de fer;*

De MM. Abt et Neveu, membres de la Société, un exemplaire de leur notice sur le *Projet de chemin de fer funiculaire à crémaillère* (*système Abt*) *de Cauterets à la Raillère;*

De M. Vauthier, membre de la Société, des exemplaires de son rapport sur les dépenses du projet de budget de 1884, abonnement *aux eaux pour les services municipaux, matériel et travaux du service des eaux, distribution générale des eaux, approfondissement du canal Saint-Denis et du bassin de la Villette et amélioration du canal de l'Ourcq;*

De M. Couriot, membre de la Société : 1° un exemplaire des observations présentées au nom des concessionnaires et exploitants des mines diverses de la Loire, du Nord, du Pas-de-Calais, concernant *les caisses de secours et de retraite des ouvriers mineurs;* 2° observations relatives à *la création de commissions d'arbitrage ou de Conseils de Prud'hommes en matière de mines et à l'institution de délégués mineurs;* 3° observations sur la proposition de loi concernant l'*hygiène et la sécurité du travail dans les manufactures, usines, mines, chantiers et ateliers,* présentées par MM. Félix Faure et Martin Nadaud, députés; 4° observations soumises à la Commission parlementaire d'examens des propositions de loi relatives aux *ouvriers mineurs,* par M. Étienne Dupont;

De M. Ugo Néri, membre de la Société, un exemplaire de sa note intitulée : Sull'impianto di un Bagno, E. Lavatoyo Pubblico in Milano;

De M. Monchot, membre de la Société, un Mémoire sur les *gisements aurifères du district d'Ouro-Preto, province de Minas Geraes* (*Brésil*)*;*

De M. Dumont, membre de la Société un exemplaire d'une notice sur les *Travaux de desséchement de la 4e section de Waeteringues à Steendam près Dunkerque* et un atlas sur l'installation des *Pompes pour forme de radoub à Saint-Nazaire;*

De M. Barbe, ingénieur, une note sur les *Pavés en bois comprimé,* de M. Cyprien Mallet de Moissac;

De M. Jules Gaudry, membre de la Société, de la part de M. Ch. Nor-

mand, architecte, un exemplaire d'une notice intitulée : *Essai sur l'existence d'une architecture métallique antique;*

De M. Casalonga, une note sur la *Nouvelle loi sur les patentes en Angleterre;*

De M. H. Cotard, membre de la Société, un mémoire sur le *Nil et l'Égypte;*

De MM. Sautter et Lemonnier, membres de la Société, un exemplaire d'une notice sur les *Phares électriques et les signaux sonores;*

De M. Chancerel, membre de la Société, une note sur la *Magnésie au point de vue de l'épuration préalable des eaux de générateurs à vapeur;*

De M. Hignette, membre de la Société, une note sur un nouveau *produit céramique;*

De M. Stewart, membre de la Société, une note sur une *Machine à vapeur à trois cylindres, avec détente continuelle;*

De M. Pauwels, ingénieur, 1° un exemplaire d'un mémoire sur la construction d'un *Réservoir en maçonnerie et d'un filtre;* 2° un exemplaire d'une étude sur une *Nouvelle distribution d'eau de la ville de Dunkerque;*

De M. Jules Garnier, membre de la Société, une note sur un nouveau procédé de *Traitement des minerais sulfurés de nickel et de cobalt;*

De M. Périssé, un mémoire sur le *Prix de revient des machines en France, en Angleterre, en Allemagne.* Conclusions au point de vue de l'Importation et de l'Exportation.

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Angely,	présenté par MM.	Édoux, Gottschalk et Masselin.
	Bandsept,	—	Desarces, Lecocq et Mallet.
	Böhler,	—	Auderut, Bouveret et Piccoli.
	Coste,	—	Clerc, Herscher et Mallet.
	Dehenne,	—	Boistel, de Comberousse et Fontaine.
	Raclet,	—	Jouffret, Le Brun et Périssé.
	Schoulepnikoff,	—	Maury, Rolin et Seyrig.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE FÉVRIER 1884

Séance du 1er Février 1884.

PRÉSIDENCE de M. Louis MARTIN.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 18 janvier est adopté.

M. LE PRÉSIDENT fait part du décès de MM. Deny Louis, Denayrouse, de Laboriette et de Wissocq.

M. LE PRÉSIDENT annonce la nomination de M. Deschiens comme grand officier de l'ordre du Nicham et celle de M. de Zévallos comme officier de l'ordre de l'Osmanieh.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Max de Nansouty pour sa communication sur les attachés-ingénieurs dans les consulats, et sur le rôle et l'avenir de l'ingénieur français à l'étranger. (Voir le mémoire page 157).

M. LE PRÉSIDENT pense que la très intéressante communication de M. de Nansouty, remplie d'aperçus nouveaux, peut donner lieu à un échange d'observations utiles; il prie donc les membres qui désireraient quelques compléments de renseignements, ou qui voudraient développer leurs idées sur ce sujet, de vouloir bien prendre la parole.

M. E. ROY dit qu'il a habité pendant dix ans l'Amérique du Sud, et il est heureux de constater que M. de Nansouty est parfaitement dans le vrai en réclamant l'adjonction aux consuls d'hommes techniques, d'ingénieurs, capables de renseigner leur pays sur les besoins industriels de l'étranger et sur les meilleurs produits à importer dans les différentes contrées, suivant les mœurs et les coutumes des habitants. Il a pu se rendre compte que les attachés d'ambassade et les plénipotentiaires n'aiment pas à s'occu-

per de questions sur lesquelles ils sont, tout naturellement, d'une incompétence réelle. Les consuls, comme l'a dit M. de Nansouty, ne sont pas en mesure de défendre les intérêts des nationaux qui vont s'établir à l'étranger; ceux-ci auraient au contraire un grand intérêt à être exactement renseignés sur le genre d'importation qui convient au pays dans lequel ils veulent se fixer. Il y a bien des maisons de commerce qui ont leurs représentants, mais ceux-ci font la commission pour des articles complètement en dehors de leur spécialité; ils s'adressent à d'autres intermédiaires qui ne savent pas eux-mêmes où se procurer les produits demandés et il arrive que ces produits, une fois rendus dans la contrée, ne rendent nullement les services qu'on devait en attendre, et il résulte de cet état de choses un discrédit pour l'industrie nationale. M. E. Roy se fonde donc sur son expérience personnelle pour appuyer les conclusions de M. de Nansouty.

M. Gottschalk dit que la question qui vient d'être agitée n'est pas nouvelle; il y a déjà trois ans, il a exposé au ministre des affaires étrangères l'intérêt qu'il y aurait à avoir, dans les consulats, des attachés industriels comme on a des attachés militaires; cette question peut, du reste, s'envisager à un double point de vue : si l'on veut faire des consuls, il faut prendre des jeunes gens, afin d'avoir le temps de les former; si, au contraire, on veut des attachés consulaires, il faut prendre des hommes faits et expérimentés. M. Gottschalk a pu se convaincre récemment que l'Allemagne avait des attachés de ce genre. La question a été reprise tout dernièrement au ministère des colonies et elle est aujourd'hui à l'étude; elle n'est donc pas née d'hier. M. Gottschalk pense qu'il y a là un intérêt sérieux, non seulement pour la Société des Ingénieurs civils, mais aussi pour le pays.

M. le Président pense que c'est surtout l'intérêt du pays qu'il faut avoir en vue, et qu'il ne s'agit pas de faire ni des consuls, ni des attachés d'ambassade; il s'agit d'adjoindre à ceux-ci des hommes techniques compétents, des ingénieurs capables de les renseigner par des rapports sérieux et utiles.

M. Quéruel rappelle quel rôle important jouent les questions maritimes dans les rapports dont on vient de parler; la plupart sont des questions techniques, et l'on sait quelle est la situation des marins se trouvant dans un port étranger, lorsqu'ils ont à régler des questions d'avaries, de naufrage, de délaissement : ce sont les consuls qui sont chargés de ce soin, et l'on se demande quelle peut bien être leur compétence, lorsque les points difficiles et délicats à juger sont tout à fait en dehors du domaine de leurs connaissances.

M. Quéruel a été lui-même témoin de faits de ce genre, et il a eu l'avantage de contribuer à des redressements dans un pays où s'exerce une sorte de piraterie légale, à Algésiras et à Gibraltar. Il est donc d'avis qu'il y a lieu d'insister plus que jamais auprès des Administrations pour faire admettre auprès des consuls des hommes techniques connaissant la question maritime; il pense que la Société des Ingénieurs civils est dans des

conditions favorables pour faire écouter de légitimes réclamations, qui touchent à l'intérêt du pays et à la dignité de la France à l'étranger.

M. Jordan apprécie pleinement l'utilité des attachés consulaires dont il est question, mais il craint qu'une difficulté spéciale soit rencontrée dans leur création ou même restreigne les services qu'ils pourraient rendre, à savoir l'esprit de chauvinisme qui empêche trop souvent les fonctionnaires publics comme les particuliers désintéressés, de se rendre un compte exact des différences dans les situations industrielles ou d'apprécier avec justesse les procédés étrangers, quand il semble en résulter une infériorité pour notre pays. L'expérience douloureuse acquise du côté militaire ne devrait cependant pas être oubliée quand il s'agit des points de vue commerciaux ou industriels.

M. Séverac raconte qu'il a été envoyé, en 1874, à Bucharest, par des constructeurs français pour traiter des affaires importantes. Bien qu'il fût entouré de personnes de nationalité française, il ne put parvenir à voir notre attaché dans cette ville. Sur ces entrefaites, le représentant d'une usine de Cassel, accueilli le jour même de son arrivée et piloté par l'attaché allemand, enleva l'affaire, avant même que nos compatriotes aient pu avoir accès auprès de la personne chargée de sauvegarder leurs intérêts.

M. le Président conclut qu'il ressort de la discussion que des hommes techniques, des ingénieurs, devraient être attachés aux consulats et être en mesure de tenir le gouvernement parfaitement au courant de ce qui concerne l'industrie en pays étranger. Il pense que la Société des Ingénieurs civils ne peut rester étrangère à cette question, et il croit pouvoir promettre que le bureau s'en occupera et fera son possible auprès des pouvoirs publics pour obtenir une solution satisfaisante.

M. Max de Nansouty demande à ajouter quelques mots pour répondre à l'observation qui a été faite par M. Gottschalk; il n'a pas la prétention d'avoir créé cette question : il constate simplement qu'elle marche en dehors de nous, et qu'elle marche rapidement, sous l'influence des Chambres de commerce et de la Commission instituée dans ce but. M. de Nansouty se permet d'insister de nouveau pour que la Société prenne la place qui lui appartient et remplisse le rôle qu'elle a le droit et le devoir de remplir dans cette importante question.

M. le Président remercie M. de Nansouty et répète que le bureau fera son possible pour aboutir au meilleur résultat et donner toute satisfaction aux intérêts de la Société.

M. le Président donne la parole à M. Jordan, qui a bien voulu se charger de nous présenter un résumé de la note de M. Bresson sur l'état actuel de la métallurgie du fer et de l'acier en Autriche-Hongrie. (Voir le mémoire page 201).

M. le Président remercie M. Jordan de l'analyse si complète et si intéressante qu'il vient de présenter.

M. Brüll s'était chargé également de donner connaissance d'une note de M. Crampton sur l'avantage des longs tunnels à trois ouvertures, au point de vue de la construction, de la ventilation et de l'exploitation ; M. Crampton, qui avait le légitime désir d'assister à la séance, a été retenu à Londres, et M. le président croit devoir, eu égard à cette circonstance, remettre la communication de M. Brüll à une prochaine séance.

En raison de l'heure avancée, la communication que M. Casalonga devait faire sur la nouvelle loi sur les patentes en Angleterre, est remise à la prochaine séance.

MM. Böhler, Dehenne, Raclet et Schoulepnikoff ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à dix heures et demie.

Séance du 15 Février 1884.

Présidence de M. Louis Martin

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 1er février est adopté.

M. le Président dit que dans sa précédente réunion, le comité avait pensé qu'il convenait d'ajourner à un autre moment de l'année le banquet commémoratif de la fondation de la Société, afin de le faire coïncider avec une autre circonstance qui nous obligera très probablement à avoir un second banquet. Le comité, tenant compte d'un certain nombre d'observations qui ont été présentées à ce sujet, a cru devoir, dans sa réunion d'aujourd'hui, revenir sur sa décision ; M. le président annonce donc que le banquet aura lieu cette année le 4 mars comme l'année dernière, et il pense qu'il obtiendra le même succès.

M. Gaudry, au nom de M. Charles Normand, architecte, fait hommage à la Société des Ingénieurs d'un travail intitulé : *Essai sur l'existence d'une architecture métallique dans les constructions antiques.*

De cette très intéressante étude historique il résulte que chez les anciens, non seulement on employait le métal au détail de la construction des édifices publics ou privés, mais on construisait complètement en métal, comme nous le faisons au temps actuel. On a reconnu des colonnes de fer et de bronze dans les monuments assyriens et judaïques, et parmi les charpentes métalliques, celle du célèbre *panthéon* de Rome, qui existait encore

au seizième siècle, fut, dit Charles Normand, le plus grand et le plus authentique exemple qu'on puisse citer. Quant aux plafonds, on retrouve exactement dans l'antiquité cette combinaison de solives métalliques et de poterie qui a si heureusement caractérisé la construction de l'hôtel de la Société des Ingénieurs et la salle où nous sommes en ce moment réunis.

M. Charles Normand porte un nom déjà bien connu à la Société des Ingénieurs. Il est le fils de l'éminent architecte qui a rétabli la *colonne Vendôme* renversée en 1871, œuvre grandiose et délicate qui a fait ici l'objet d'une communication et à laquelle avaient collaboré divers membres de notre Société.

Puisque le souvenir de la colonne Vendôme est rappelé, il n'est pas sans intérêt de faire remarquer quelle belle *patine* a pris aujourd'hui le monument. On se rappelle qu'il est fait de bronze de toutes provenances, depuis le bronze rouge où il y a abondance de cuivre jusqu'au blanc métal de cloche. Ce ne fut pas sans essais et sans études qu'on appliqua sur ces métaux de nuances si variées un enduit de nature à uniformiser le ton. La composition ne fut pas originairement sans inspirer quelques craintes. On voit aujourd'hui que l'architecte et le bronzier ont eu raison du temps et que l'effet produit est très satisfaisant.

La parole est donnée à M. Casalonga pour sa communication relative à la nouvelle loi anglaise sur les patentes d'invention.

M. D. A. Casalonga, rappelle que l'attention de la Société des Ingénieurs civils a été appelée plusieurs fois déjà sur ces questions de propriété industrielle qui jouent un si grand rôle dans le travail d'enfantement de l'industrie moderne.

L'Angleterre vient d'édicter une nouvelle loi sur les patentes d'inventions, les dessins d'ornement, les marques de fabrique. Cette loi est appliquée dans le Royaume-Uni et l'île de Man, depuis le 1er janvier 1884; il se propose d'en donner un très court résumé et pour ce qui concerne seulement les patentes, remettant à la Société, si elle désire le publier, le texte traduit de cette loi.

Après avoir rappelé quels étaient les points principaux qui caractérisaient l'ancienne loi aujourd'hui abrogée, M. Casalonga, donne une rapide esquisse de la loi nouvelle.

Une patente peut être demandée par une ou plusieurs personnes au moyen d'une requête déclarative de l'invention, accompagnée d'une spécification provisoire ou définitive, avec dessins s'il y a lieu, et dont le dépôt établit aussitôt en faveur de l'inventeur, une protection provisoire d'une durée de 9 mois, pendant lesquels l'invention est ou peut être gardée secrète.

Un contrôleur est placé à la tête du *Patent-office;* il est assisté d'examinateurs spéciaux qui doivent l'éclairer de leurs avis. On peut appeler de toutes ses décisions devant un officier de loi ou juge.

Quand une demande est déposée, les pièces en sont examinées au point

de vue de leur régularité, de leur conformité, de leur clarté, de la ressemblance qui peut exister entre l'objet de la demande et celui d'une demande qui précède. S'il y a lieu, de ce fait, à observation, l'impétrant est avisé et aussi, au besoin, celui dont la demande précède. Après quoi le contrôleur prend une décision. Si la demande est acceptée, elle est portée au plus tard à l'expiration du neuvième mois à la connaissance du public. A partir de ce moment et pendant deux mois, toute personne intéressée peut faire opposition si elle peut prouver :

1° Que le demandeur avait emprunté l'invention à elle-même ou à une personne qu'elle représente;

2° Que l'invention avait été patentée en Angleterre par suite d'une demande antérieure;

3° Qu'un examinateur avait rendu compte au contrôleur que la spécification lui paraissait comprendre la même invention qu'une autre déjà comprise dans une autre spécification portant le même titre ou un titre semblable.

En cas d'opposition, le contrôleur, après avoir entendu les deux parties, prend une décision.

Lorsqu'on n'a déposé, en formulant sa demande, qu'une spécification provisoire, la spécification définitive doit être déposée au plus tard après l'expiration du neuvième mois, et en être le développement naturel et direct. Elle doit se terminer par un résumé qui constitue l'invention. Une telle spécification doit être acceptée dans le douzième mois au plus tard de la demande, sauf le cas d'appel; de même et sauf le cas d'appel ou de décès du demandeur, une patente doit être scellée dans le quinzième mois de la demande. En cas de décès de l'inventeur, sa patente pourra n'être scellée et délivrée à son représentant ou héritier que douze mois après.

Un inventeur peut être autorisé à rectifier sa demande ou sa patente. Ses amendements doivent subir un délai d'opposition d'une durée d'un mois, et la procédure est la même que pour les demandes de patentes.

La durée d'une patente est de quatorze ans, divisée en trois termes de 4, 3, 7 années auxquels correspondent les taxes de 100, 1250, 2500 francs. Une seule taxe de 25 francs étant à payer dans le cas où l'on commence par ne demander qu'une protection provisoire de 9 mois. Les termes de 1250 et de 2500 francs au lieu d'être acquittés en bloc, peuvent l'être par le payement d'annuités de 250 francs à l'expiration des 4e, 5e, 6e, 7e années; de 375 francs pour chacune des années suivantes; de 500 francs pour chacune des quatre dernières années; la dépense se trouve ainsi augmentée de 525 francs et redevient la même que celle stipulée dans l'ancienne loi.

Dans les cas exceptionnels, le souverain, si la demande lui est faite six mois avant l'expiration de la patente, peut, après avoir entendu son conseil, et examiné les oppositions qu'on a la faculté de produire, accorder une prolongation de 7 ans, même de 14 ans, ou une nouvelle patente soumise à des restrictions.

publié par un sympathique collègue dans une revue importante, M. Casalonga ne trouve aucun avantage à l'examen préalable, et lui reproche plusieurs inconvénients. Il est coûteux pour l'inventeur, superficiel, insuffisant, souvent en défaut, et pouvant, en outre, être arbitraire; et tout cela, sans refréner l'ardeur des inventeurs, sans aucun avantage pour l'industrie inventeur elle-même, et sans rien garantir de l'objet de la patente, laquelle peut aussi bien, après délivrance, être attaquée, restreinte, annulée. Appliqué inutilement à un trop grand nombre de demandes, il dissémine ses efforts, et il ne saurait avoir l'efficacité de l'examen utile que font les tribunaux, de celles des rares patentés qui, non seulement ont été maintenues par leurs auteurs, mais qui ont donné lieu à une exploitation. Celles-là oui, mais celles-là seulement, valent qu'on les examine. Ne semble-t-il pas, aux partisans de l'examen préalable, appliqué avant la naissance même du brevet, qu'autant vaudrait dire qu'il conviendrait, pour assurer un bon recrutement, d'examiner tous les nouveau-nés pour savoir si déjà il ne faudrait les réformer en vue de la... conscription.

Combien l'on rendrait plus de services à l'industrie et à l'inventeur, si on consacrait l'organisation de l'examen préalable, ses efforts stériles, à renseigner rapidement, commodément, économiquement, ceux qui ont besoin de se tenir au courant des progrès qui s'accomplissent dans une branche quelconque de l'activité humaine.

Quant au système des *oppositions*, bien que moins inacceptable que l'examen préalable, il procède du même principe et met de même la charrue devant les bœufs, en faisant naître prématurément un conflit souvent inutile; car combien, qui après avoir fortement contesté sur deux patentes, les abandonnent, aussitôt leur querelle vidée!

En terminant, et en présence de l'organisation puissante donnée à l'administration du *Patent office*, M. Casalonga éprouve le regret qu'il n'en soit pas encore ainsi chez nous, et il exprime l'espoir que bientôt notre ministre du commerce, se conformant, d'ailleurs, aux clauses de la convention du 20 mars 1883, proposera et obtiendra une organisation digne du rôle important que joue la *Propriété industrielle*, en faveur de laquelle il lui semble qu'il faudrait aussi modifier, dans quelques-unes de ses parties, la loi du 5 juillet 1844.

M. le Président remercie M. Casalonga de son intéressante communication et donne la parole à M. Cotard pour sa communication sur le Nil et l'Égypte (voir le mémoire page 167).

M. le Président offre à M. Cotard tous ses remerciements pour le sujet qu'il a si bien développé et que l'heure avancée l'a malheureusement obligé d'écourter.

MM. Angély, Bandsept et Coste ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures.

LES

ATTACHÉS-INGÉNIEURS DANS LES CONSULATS

ROLE ET AVENIR

DE L'INGÉNIEUR CIVIL FRANÇAIS A L'ÉTRANGER.

PAR M. **MAX DE NANSOUTY**.

Depuis quelques années, les courbes du commerce d'exportation de la France présentent des dépressions qui inquiètent justement le pays tout entier. Le fait constaté, on en a de toutes parts recherché les causes sans arriver à s'expliquer parfaitement, d'une part, la progression constante de l'introduction en France de produits étrangers et, d'autre part, en vertu d'un équilibre économique qui s'établit nécessairement, la diminution de l'exportation à l'étranger de produits qui formaient auparavant la spécialité de l'industrie française.

Examiner les lois économiques qui ont présidé à cet état de choses serait hors de propos devant la Société des Ingénieurs civils, représentation aujourd'hui puissante et considérée du corps du Génie civil français. Mais il convient d'examiner si cet ensemble de forces intelligemment groupées s'est trouvé en mesure de remplir le rôle qui pourrait utilement lui incomber dans l'œuvre de lutte industrielle et de relèvement commun à laquelle travaille la France. Il convient surtout d'examiner si un corps fortement organisé d'Ingénieurs civils, comme l'est le nôtre, ne pourrait pas disputer d'une façon plus efficace qu'il n'a été fait jusqu'ici, le terrain de l'industrie à des voisins dont les efforts sont couronnés de plus de succès.

La Société des Ingénieurs civils a *le droit* et *le devoir* de le faire.

Elle en a le droit :

Car une *commission officielle de réforme consulaire* a été consti-

tuée et s'est déjà réunie six fois depuis la rentrée du Parlement en 1883 pour examiner un régime commercial et industriel qui intéresse au plus haut point l'art de l'Ingénieur civil et sa carrière.

Elle en a le devoir :

Car la situation industrielle de la France vis-à-vis de l'étranger demande tous les concours pour suivre la progression régulière que réclame l'avenir ; *car*, pendant que la proposition de créer des chambres de commerce à l'étranger était timidement faite[1], on peut le dire, l'Allemagne créait *à Paris même* un premier *attaché-ingénieur* auprès de son ambassade. *Car*, les ministères de la guerre de tous les pays, dans un ordre d'idées où le progrès est relativement lent et ne se fait, d'ailleurs, que dans un but destructeur pour l'humanité, ont depuis longtemps institué les uns auprès des autres, par l'intermédiaire de leurs missions diplomatiques, des *attachés militaires* chargés de les tenir au courant de ce qui se fait d'utile au delà des frontières.

L'industrie, on l'a souvent répété avec raison, est une guerre dans son genre, une guerre continue et par cela même d'autant plus implacable et meurtrière. Tant que les transports ont été lents et les communications difficiles par les routes et les canaux, une sorte d'équilibre existait qui a fait longtemps la prospérité des industries locales en leur conservant un certain secret. Aujourd'hui, avec les chemins de fer et le télégraphe électrique, ce secret relatif n'existe plus : c'est la course au clocher, la *course au mieux informé* qui mène au succès ; le prix en est au plus habile, au mieux renseigné et surtout au plus aisément renseigné. C'est là que nous perdons un terrain qu'il serait facile de regagner, car il ne s'agit, en somme, que de se prêter à de certaines conditions matérielles.

Il faut pour cela avoir à l'étranger, comme l'ont nos voisins chez nous, des yeux qui sachent voir, des mains qui sachent écrire et qui sachent *écrire à temps*. Il faut avoir un personnel d'exportation spécial tout comme nous avons un personnel intérieur actif à développer l'industrie. Ce personnel d'exportation l'avons-nous ? Est-il disponible ? Nous prétendons que oui. Est-il en mesure d'agir utilement ? Là est la question.

Qu'il nous soit permis tout d'abord de dire que nous n'avons pas ici la prétention ni l'intention d'attaquer, ce qui serait hors de propos

1. Les Chambres de commerce françaises et les consuls, interrogés sur l'utilité de cette création, ont exprimé unanimement un avis favorable.

dans cette enceinte, le personnel des consulats français, la seule institution en mesure jusqu'à présent de jouer le rôle que nous avons indiqué tout à l'heure à grandes lignes.

Les consuls français font évidemment tous leurs efforts pour se tenir à la hauteur de la tâche énorme qui leur incombe et en particulier d'être les points d'attache, nous dirions volontiers, en langage d'Ingénieur, les *robinets distributeurs* à l'étranger de l'exportation française. Mais le peuvent-ils? Que l'on s'en informe auprès des plus consciencieux, de ceux qui prennent le plus à cœur une tâche écrasante dans certains cas !

Lorsque le consul de France a distribué des secours aux indigents, réglé la question des livrets militaires, rapatrié les marins français mis à quai avec leurs sacs, rédigé les procès-verbaux de naufrages et estimé les avaries, marié, enregistré les nouveau-nés et les morts de ses compatriotes, envoyé le bulletin météorologique au bureau central, renseigné de son mieux (c'est le cas général) les Français de passage qui ont besoin d'être renseignés, que veut-on qu'il fasse de plus ?

On lui demande, il est vrai, d'être au courant de l'industrie et des industries locales, de savoir quels sont leurs travaux et leurs tendances, d'en envoyer un résumé destiné au bulletin consulaire ! Il n'en a également ni le temps, ni la compétence. On ne peut même pas la lui demander.

Pendant ce temps, quelques grosses maisons françaises ayant, comme on dit en terme spécial, *les reins assez solides*, font les frais d'une sorte de consul industriel qui leur est particulièrement attaché et particulièrement utile sous le nom de représentant : *le Creuzot* ne nous contredira pas. Cet agent, qui possède les connaissances voulues et bien d'autres qu'il n'utilise pas quand il est, comme c'est généralement le cas, un Ingénieur distingué, est une source de relations et d'affaires continuelles pour la maison qui le délègue. Son devoir est de ne s'occuper que d'elle et il le fait consciencieusement, ce qui est naturel : il creuse un petit coin de l'exportation et réussit à le rendre fertile.

Pourquoi ne pas adjoindre cet utile agent au consul qui n'a ni le temps, ni les connaissances spéciales nécessaires pour en jouer le rôle ? Il faut être le Creuzot ou *tutti quanti* pour s'offrir ce luxe rémunérateur. Mais, en matière d'exportation, comme ailleurs, les petits ruisseaux font les grandes rivières. Libre à chacun d'agir pour son compte

quand il se sent assez fort : mais il est nécessaire de créer un centre organisé économique et une attache officielle si faible qu'elle soit, aux tentatives de ce genre, toujours timides au début.

Le consul français, qui devrait être ce centre dans l'état actuel des choses, n'a ni le temps ni la possibilité de l'être.

Le temps lui manque, nous avons dit pourquoi, et l'énumération seule de ses occupations épouvante. La possibilité d'agir utilement lui échappe. Agent officiel, absolument officiel et absolument en vue, il ne peut sans danger se mêler par trop aux affaires industrielles et commerciales dans lesquelles il n'est pas possible d'échapper aux compromis et surtout aux insuccès.

A qui donc confier cette tâche importante et utile ?

La commission de la réforme consulaire semble devoir entrer dans un ordre d'idées d'examens techniques et d'épreuves théoriques auquel elle renoncera certainement par la suite, il faut l'espérer. Lorsque, dans la question générale et immense du commerce d'exportation de la France, on entend tout d'abord parler de baccalauréat et d'étude du droit, tout en reconnaissant l'utilité de ces deux choses, on se dit qu'il est des conditions d'aptitude pratique bien autrement importantes pour le rôle à jouer et qui ne s'apprennent ni à la Sorbonne, ni à l'École de droit.

On a parlé avec un certain enthousiasme de choisir parmi les meilleurs élèves sortis de l'École des hautes études commerciales des auxiliaires à joindre aux consuls français surchargés pour combattre, à l'étranger, le bon combat de l'exportation nationale. Profonde illusion !

Ce ne sont pas d'intelligents éphèbes qu'il convient d'envoyer porter ce lourd et précieux fardeau de l'industrie française. Le ministère de la guerre prend-il à Saint-Cyr ses attachés militaires à l'étranger ?

Sans se faire l'apôtre de la vieillesse et de la décrépitude, il est permis de dire aux jeunes diplômés qu'on les reverra avec plaisir, quelque dix ans après leur sortie de l'École, avec des états de service à présenter et de l'expérience, partir à l'étranger dans un but de représentation officielle, ou mieux y retourner. S'ils ont su s'y créer une situation, y faire, comme on dit, leur affaire, il y a de grandes chances pour que, mis dans une situation plus facile et plus avantageuse, ils sachent aussi faire celle du pays.

Ce n'est donc pas à la porte des écoles que nous irions chercher

nos représentants industriels à l'étranger, et ce n'est pas une limite d'âge *supérieure* qu'il faudrait fixer, croyons-nous, mais bien une limite d'âge *inférieure*, par exemple, trente ans. Cela renverse un peu les traditions d'amour et d'enthousiasme pour la précocité si longtemps respectée en France, mais qui ont donné, dans bien des cas connus de tout le monde, les plus fâcheux résultats. On commence à être absolument fixé sur les écoles qui ne donnent pas de *fruits secs* au bout de l'année. Que serait-ce, si elles procuraient un bâton de maréchal aux futurs consuls !

Où donc recruter le personnel nécessaire pour doubler le consul dans une fonction toute spéciale qu'il n'a, jusqu'ici, pas le temps de remplir ?

L'Ingénieur français, dit-on, ne s'expatrie pas volontiers. C'est là une erreur. Il suffit de consulter, pour s'en convaincre, l'annuaire de la Société et surtout les états de service de ses membres. La vérité est que l'Ingénieur civil français expatrié ne reste pas à l'étranger. La raison en est simple. Dès qu'il a atteint une position suffisamment élevée, qu'il a formé un personnel en sous-ordre, il est remplaçable par un fonctionnaire quelconque du pays où il s'est momentanément établi : dès lors, on ne le retient plus. Un peu de nostalgie aidant (et le Français est tout particulièrement enclin à cet état), l'Ingénieur ne tarde pas à rentrer en France : généralement, il y ramène la femme et les enfants qui auraient dû rationnellement le retenir à l'étranger.

Qu'aurait-il fallu pour l'y fixer définitivement ? La perspective d'un avenir perfectible et d'une amélioration de position que les administrations, et encore moins l'industrie privée étrangère, ne peuvent lui procurer.

Il en revient avec une expérience du pays qu'il a habité, inutilisable, avec des renseignements de toute nature dont, s'il n'est publiciste, ce qui est l'exception, il ne pourra faire profiter personne.

Voilà le moment de prendre cet Ingénieur, qui a su s'armer de pied en cap par ses propres forces, qui a su se créer des attaches et des relations hors de la mère-patrie, pour en faire un attaché-consulaire utile, intelligent et possédant le vrai diplôme à exiger pour une semblable situation, celui de la pratique et de la connaissance de son terrain. . . . .

Que l'on veuille bien examiner la question sous toutes ses faces et l'on verra que, dans cette création proposée des attachés-ingénieurs ! il

y a les éléments d'un sérieux développement de notre exportation à l'étranger, développement sans lequel la France peut, non pas *vivre*, mais, comme l'ont justement prouvé d'illustres économistes, *végéter* seulement au point de vue industriel.

L'Ingénieur civil, en plaidant cette cause *pro domo suâ*, comme diraient les classiques, ne fait pas œuvre d'ambition personnelle, mais bien de patriotisme éclairé. Car, il faut le noter et le faire remarquer, ce n'est pas du clan des Ingénieurs que sont sortis tout d'abord les principes d'organisation nouveaux que nous avons décrits tout à l'heure à grandes lignes. On est toujours quelque peu suspect de partialité en se faisant l'avocat de sa cause professionnelle. Mais, qu'on le sache bien, c'est dans le personnel diplomatique lui-même, c'est parmi les hauts représentants du commerce que la thèse est née et s'est fait jour. Nous n'en voulons pour preuve que cette création récente de la Commission de réforme consulaire, et, d'autre part, la publication dans la *Nouvelle Revue* (n° du 1er septembre 1883) d'un article fort étudié sur cette matière dont l'auteur, un économiste de mérite, très au courant du fonctionnement de la diplomatie, s'est masqué sous le pseudonyme de Paul Fairt.

Il est à peine besoin de dire que les appréciations de M. Paul Fairt sur les qualités à requérir des futurs attachés diplomatiques diffèrent totalement des nôtres. Il croit, en cette matière, à l'utilisation possible des néophytes et recruterait volontiers son personnel parmi les bacheliers et les volontaires d'un an, sauf à leur faire passer un stage d'entraînement dans les bureaux du ministère des affaires étrangères. Il croit enfin à la possibilité d'une immixtion des attachés dans la diplomatie proprement dite.

Nous avons dit quel autre examen il conviendrait de demander à ceux qui se proposeraient pour cette carrière : un examen de pratique et d'existence que l'on ne peut demander à des enfants. C'est de la réalité et non des espérances qu'il faut exiger.

Si, néanmoins, nous différons tout à fait, en ce qui concerne les qualités à exiger des candidats, des conclusions posées par les diplomates qui se sont occupés de la question, nous trouvons, d'autre part, dans leurs travaux, des renseignements utiles et même précieux sur la situation qui pourrait être faite à des attachés-ingénieurs auprès des consulats et des ambassades. Il importe, en effet, d'éviter tout ce qui pourrait ressembler à une intrusion brutale dans un corps réguliè-

rement constitué et respectable dans ses traditions, bien que quelques-unes cadrent peu avec l'allure utilement démocratique du progrès actuel.

Il résulte des travaux des personnes compétentes en matière diplomatique qui ont courageusement engagé la question que la situation faite aux attachés-ingénieurs pourrait être assimilée à celle de consul de 2e classe au début pour arriver jusqu'à une situation équivalente à celle de consul général, positions éminemment acceptables et honorables pour les Ingénieurs les plus distingués. Il en résulte que, pour ne pas écraser un budget déjà très lourd, il conviendrait, sans que l'on s'en étonnât par trop, de laisser ces attachés se faire ouvertement les représentants des industries françaises et recueillir, de ce fait, une rémunération proportionnée à leurs efforts et à leurs succès.

Ce rôle, les consuls, les vice-consuls, les chanceliers ne peuvent le remplir actuellement, engagés qu'ils sont dans les affaires diplomatiques pures qui ne leur permettent pas de se faire, à proprement parler, des agents commerciaux de leur pays. Lors donc que, poussés par les instances du ministère, ils envoient d'intéressants rapports sur l'industrie étrangère, comme par exemple celui qu'envoyait récemment au ministre M. d'Héricourt, consul de France à Stuttgardt, ils donnent une simple preuve du zèle le plus louable, mais d'un zèle qui ne trouve sa récompense que dans leur seule conscience. On ne peut ni en exiger des preuves constantes, ni surtout y compter absolument.

D'ailleurs, les meilleurs rapports consulaires ne sont, en général, que des résumés de documents officiels publiés à l'étranger et que l'étranger n'a certes pas intérêt à publier dans toute leur vérité parfois fort laide. Nous ne voulons pas médire de la statistique, mais la statistique est une espèce de comptabilité comme une autre : elle peut ingénieusement se forcer, se déguiser et surtout conduire à des résultats fantastiques lorsqu'elle sert de base, soit à des commentaires, soit à des probabilités.

Le véritable, le seul renseignement est celui qui est obtenu, constaté *de visu* par un homme autant que possible *du métier*. Si cet homme est, de plus, *intéressé matériellement* à bien voir, il fera de bonne besogne et non de la besogne d'amateur zélé, mais souvent incompétent. Le premier venu, fût-il muni de pouvoirs étendus, ne saura mener à bien une enquête sur l'industrie minière, métallurgique ou chimique d'un pays. Comment évaluera-t-il la puissance réelle ou le

perfectionnement d'un outillage ? Comment, surtout, pourra-t-il avec autorité, chiffres et rendements en mains, engager l'industrie locale à s'adresser aux constructeurs du pays qui le délègue ? Le représentant technique seul peut le faire, parlant aux gens pratiques le langage de la pratique avec assurance et fermeté. C'est ainsi que l'Angleterre, plus encore que par le bas prix, impose ses machines, souvent défectueuses et imparfaites dans l'exécution, à l'Europe entière : c'est ainsi que d'immenses machines élévatoires établies pour les irrigations en Égypte ont été montées avec un matériel qui ne fût pas sorti en France de chez les marchands de ferraille. Il a fallu plusieurs années pour que Nubar-Pacha s'en dégoutât et, ancien élève de l'École centrale, se décidât enfin à confier au Creuzot la construction d'un matériel entièrement neuf.

Il n'est pas de consul, si excellent qu'il soit, auquel on puisse raisonnablement demander une compétence, une expérience et un temps suffisants pour protéger efficacement l'industrie nationale.

A propos du renouvellement de l'année et de l'activité commerciale qui en est la conséquence, presque tous les journaux français ont signalé et déploré l'invasion du marché français par des jouets de provenance étrangère, nos modèles sont audacieusement et lourdement copiés ; l'article de Paris est atteint dans sa vitalité si caractéristique : il succombe sous un abaissement de prix qui résulte le plus souvent, en dehors de la main-d'œuvre, de tours de mains que nous devrions connaître, de perfectionnements dans l'outillage spécial qui ne nous ont pas été signalés. Ils pourraient l'être à temps, en cela comme pour bien d'autres industries plus importantes, si le *Bulletin consulaire*, création utile et qui fait de louables efforts pour l'être, trouvait partout à l'étranger, dans des agents spéciaux, les renseignements pratiques qui lui manquent.

Il serait facile de multiplier les exemples, quelques-uns sont frappants.

On boit énormément d'eau-de-vie française à l'étranger, si l'on en croit, en voyage, les affirmations de ses hôtes. Il serait de mauvais ton d'offrir à son invité un verre d'eau-de-vie qui ne portât pas la marque Martel, connue et estimée. Aussi, la fabrication de l'eau-de-vie Martel au delà de nos frontières a-t-elle pris des proportions énormes. De la qualité de ces denrées falsifiées, nous ne parlerons pas : on sait ce que valent les alcools de grains et de pommes de terre. Mais, le plus grave,



c'est que les étiquettes, les marques des produits sont audacieusement falsifiés. Quelques fabricants étrangers se sont vantés avec cynisme de donner à ces marques un cachet plus artistique que ne le fait leur légitime propriétaire.

Or, voilà des faits qui ne peuvent être dévoilés, poursuivis, honnis, que sur place par d'énergiques rappels à la pudeur et à la loyauté. Nos consuls ont-ils le temps de le faire ?

Autre exemple.

La ganterie française, grâce à ses qualités de matière première et de coupe géométrique, est renommée à l'étranger, notamment aux États-Unis. Il n'est pas une femme de ce pays, fût-elle de condition modeste, qui s'estime habillée si elle n'a complété sa toilette par une paire de gants de peau. Il y a plus : ces gants, pour être admis, doivent porter une marque française. C'est dire que les fabricants américains se sont empressés de copier nos marques et de les placer sur des produits de qualité éminemment inférieure. Quelques-uns font encore venir les peaux de France et passent pour consciencieux. Il conviendrait de prendre cette fraude sur le fait et l'on verrait la courbe d'exportation présenter un relèvement immédiat, la chose est évidente. L'ameublement, le bronze d'éclairage, le papier peint nous fourniraient des exemples analogues.

Nous bornerons ici cet aperçu d'une situation qui demande de prompts remèdes et sur laquelle, d'ailleurs, les raisonnements économiques les plus spécieux ont été épuisés.

C'est par des faits qu'il convient de répondre à des faits. Nous croyons que s'il est donné suite d'urgence à la création de Chambres de commerce françaises à l'étranger, que si les consuls sont, comme il est permis de l'espérer, doublés dans des fonctions trop lourdes par des attachés spéciaux bien choisis, la Société des Ingénieurs civils sera venue à propos avec son organisation bien réglée et ramifiée partout à l'étranger, fournir les éléments sérieux et compétents nécessaires pour remplir une tâche dont l'utilité s'impose. L'École centrale, l'École des mines, l'École des ponts et chaussées, les Écoles d'arts et métiers ont envoyé partout leurs ingénieurs à l'étranger : ce sont eux qui y ont construit les chemins de fer, établi les routes et les distributions d'eau au début, organisé, en bien des points, l'industrie locale. Beaucoup s'y sont fixés, autant en sont revenus qui y retourneraient volontiers avec des éléments durables de réussite en perspective : ils y

retrouveraient des relations déjà établies et sauraient utiliser la connaissance acquise des habitudes et des intérêts du pays.

Pour les y déterminer, la moindre attache officielle suffirait, mais elle est nécessaire, car elle seule justifierait des déplacements toujours onéreux, dont un Ingénieur d'expérience ne prend pas la charge à la légère et sans une sérieuse perspective d'avenir.

Que l'on discute à fond, ici et ailleurs, les conditions matérielles de cette utile création, rien de mieux ! La chose en vaut la peine, et il ne manque pas, parmi les représentants des Pouvoirs publics français, d'esprits de valeur et d'autorité qui sauront, le cas échéant, en établir les bases en conciliant au mieux les intérêts de tous.

Mais il convient, croyons-nous, aux Ingénieurs civils eux-mêmes groupés autour du drapeau de leur Société, de ne pas rester en dehors d'une discussion ouverte sur une organisation dans laquelle ils sont évidemment appelés à jouer un rôle important et patriotique. Il convient qu'ils se rendent un compte exact des forces dont il dispose et qui sont le résultat de longs travaux souvent ignorés. Et, puisqu'ils sont absolument prêts pour répondre utilement aux besoins d'expansion industrielle et commerciale douloureusement signalés, il importe de le constater hautement et de le dire !

Paris le 1er février 1884.

LE NIL ET L'ÉGYPTE

PAR M. CH. COTARD.

J'ai déjà soumis à votre examen, dans diverses communications que vous avez bien voulu accueillir avec faveur, un ensemble de doctrines sur les lois qui régissent le mouvement des eaux à la surface du sol.

Dans un premier exposé, j'avais essayé de formuler ces lois en montrant que les phénomènes qui en sont la manifestation présentent bien le caractère de généralité et de continuité qui est le signe d'une action permanente des forces naturelles.

J'ai tâché, aussi, d'expliquer comment la lenteur avec laquelle s'exerce cette action avait pu donner l'illusion d'une sorte d'équilibre et d'invariabilité dans les choses qui nous entourent. Combien de fois n'a-t-on pas décrit et vanté le jeu régulier et l'ordre admirable des éléments? Ne voyons-nous pas, dit-on, se reproduire sans cesse le mouvement des eaux qui, s'évaporant dans les airs, s'y condensent pour retomber sur le sol, alimenter les fleuves et se rendre à la mer pour s'y évaporer de nouveau? Les conditions climatériques, le régime des cours d'eau, la diversité des contrées, les unes fertiles et peuplées, les autres désertes, tout cet ensemble, qui constitue notre physique terrestre, n'a-t-il pas, aussi bien que les phénomènes dont il est la conséquence, un évident caractère de permanence et de durée indéfinie?

Tel est, en effet, le sentiment que l'on éprouve quand on ne considère ces phénomènes que pendant la courte période de quelques vies humaines. Spectateurs d'un moment, les mouvements lents nous échappent. Mais les sciences d'observation, quoique de date encore bien récente, ont déjà élargi notre horizon et jeté quelque lumière sur l'histoire de notre terre et de ses évolutions successives. Elles montrent que si les lois naturelles sont invariables, ces lois sont continuellement agissantes et qu'elles constituent un état, non pas *statique*, mais *dynamique*, qui amène de perpétuelles transformations.

C'est ainsi que les eaux, loin d'être, dans leur mouvement, en équilibre avec les résistances qu'elles rencontrent sur le sol, luttent sans cesse avec elles et que leur régime se modifie en même temps que le sol sur lequel elles s'écoulent.

Sous l'action des pluies et des courants qui en résultent, le sol, désagrégé et raviné, est soumis à une sorte de destruction et de lavage qui, laissant en haut les rochers et les gros matériaux, emporte jusqu'à la mer les parties les plus fines et les plus fertiles de la terre.

Les eaux elles-mêmes, usant peu à peu les seuils ou barrages naturels qui les retenaient et en régularisaient le cours, se précipitent avec plus de violence; leurs niveaux supérieurs s'abaissent et découvrent de nouvelles surfaces qui augmentent le champ des dénudations; les parties élevées, ainsi exposées à la sécheresse et appauvries en terre végétale, deviennent alors stériles; l'atmosphère elle-même perd les conditions d'humidité qui résultaient de l'évaporation des plantes et qui sont, en même temps, indispensables à la végétation. Aussi bien, sous certains climats, les pluies ont-elles disparu et c'est ainsi que de grandes contrées, autrefois peuplées et fertiles, se sont progressivement transformées en déserts. En France même, principalement dans le Midi, nous voyons, en divers points, de semblables effets se manifester; les étiages baissent, l'eau devient plus rare, l'air se dessèche, le sol s'épuise et la population, privée des ressources qui la faisaient vivre, quitte peu à peu le pays. On n'y prend pas garde, mais il arrivera un moment où l'appauvrissement même de ces contrées deviendra un obstacle à l'œuvre de leur régénération et où, dès lors, le mal fera des progrès plus rapides.

L'action humaine, loin de retarder la marche de ces phénomènes, semble, tout au contraire, avoir été de nature à l'accélérer. Telle a été, notamment, l'influence de certains ouvrages, entrepris dès les temps les plus reculés et que l'on continue encore de nos jours, dans le lit des rivières, en vue d'en approfondir le cours; telle a été, aussi, l'action des travaux de desséchement de lacs et d'étangs.

Le grand problème de l'aménagement et de l'utilisation des eaux se présente donc sous deux aspects également importants. Il s'agit, à la fois, d'obvier aux dommages que cause le ravinement des eaux à la surface du sol et de tirer parti des ressources presque inépuisables qu'elles offrent à l'industrie humaine comme agent de fertilisation, de transport et de mouvement.

Nous n'analyserons point ici les causes qui ont pu détourner pendant si longtemps l'attention d'une pareille recherche. Constatons seulement, avec regret, qu'aujourd'hui encore, on y semble peu porté. L'œuvre des canalisations agricoles prend péniblement sa place dans les préoccupations actuelles et c'est à peine si cette branche de travaux est dotée de ressources spéciales et de moyens d'action suffisants dans l'ensemble de nos services publics.

En l'absence de toute conception générale sur le régime des eaux, on n'avait vu, jusqu'à présent, dans les entreprises d'irrigation, que des opérations purement locales et de peu de portée. Ces entreprises, répète-t-on sans cesse, sont assurément fort intéressantes, mais elles n'ont point le caractère d'intérêt général qui s'attache aux autres œuvres d'utilité publique. On ne comprend pas que l'eau étant le principal élément de fécondité du sol, son aménagement et sa rationnelle répartition ont, au contraire, la plus haute importance pour la prospérité générale du territoire. C'est une question qui emprunte même aux circonstances actuelles un véritable caractère d'urgence. La crise grave, persistante, que traverse notre agriculture demande, en effet, d'autres remèdes que les secours insuffisants que l'on essaye d'y apporter. Ce qu'il faut à l'agriculture c'est de pouvoir produire davantage et à meilleur marché; or, ce résultat ne peut être obtenu qu'en augmentant la puissance productive du sol et c'est ce que l'on ne saurait attendre que d'un meilleur emploi des eaux.

Il ne faut pourtant point se décourager, quelques pas ont été faits dans ce domaine encore peu exploré. La création d'un Ministère spécial d'agriculture a conduit à l'institution d'une Direction de l'hydraulique agricole comprenant précisément tous les travaux qui touchent aux rapports de l'eau avec la terre cultivable. Ce service est, sans doute, appelé à prendre, avec le temps, des développements qui n'avaient peut-être pas été tout d'abord soupçonnés ; car, il ouvre toute une carrière nouvelle et presque indéfinie de travaux féconds qui pourront seuls remédier, d'une manière efficace, non seulement aux souffrances actuelles de l'agriculture, mais aussi à la crise économique générale que nous traversons.

Ce qui avait probablement éloigné l'État aussi bien que les concours privés, de ces œuvres, cependant si utiles, c'est que beaucoup d'entreprises d'arrosage n'ont pas été fructueuses pour ceux qui s'en étaient chargés. Une connaissance plus complète de ces opérations permet

aujourd'hui de dégager les causes des mécomptes éprouvés et d'en éviter le retour.

On peut donc espérer que ces intéressantes questions, désormais mieux étudiées, vont entrer dans une voie meilleure ; et je me propose de tenir notre Société au courant des progrès accomplis dans cet ordre de travaux et des résultats obtenus. Mais, en attendant que ces idées se soient assez vulgarisées pour que la solution du problème de l'aménagement des eaux puisse être abordé, en France, sur une échelle un peu étendue, on conçoit que l'idée ait pu venir d'aller en chercher des applications plus vastes dans les contrées d'Orient où, sous un soleil ardent, d'immenses espaces, devenus déserts, ne demandent, pour revenir à la vie, d'autre bienfait que celui des eaux et offrent un libre champ aux conceptions les plus hardies.

I

Mon but est aujourd'hui, Messieurs, de vous entretenir d'une tentative de ce genre, poursuivie, depuis près de vingt années, par un travailleur infatigable, dont j'ai déjà parlé ici, M. de La Motte.

C'est sur l'Égypte que M. de La Motte s'est déterminé à porter ses efforts.

L'abondance des eaux, la magnificence du climat, l'existence d'immenses plaines autrefois cultivées, l'abandon même et la solitude de ces vastes territoires de l'ancienne Égypte, la nécessité, enfin, plus urgente chaque année, de remédier aux inconvénients et aux dangers du régime actuel du Nil, même pour le seul maintien des cultures actuelles, tout était bien, en effet, de nature à rendre particulièrement séduisante, dans ce pays d'antique renommée, la réalisation de grands travaux d'aménagement des eaux.

S'il est vrai que les fleuves, dans leur longue évolution, sont soumis à des transformations successives ; que, par l'action continue de leurs eaux, les lits se creusant dans les parties hautes, les réservoirs s'abaissent et abandonnent à la sécheresse et aux ravinements les plateaux supérieurs ; et que les produits de ces dénudations soient entraînés dans les parties basses qu'ils élèvent progressivement ; un tel phénomène devait s'être accompli avec une intensité particulière dans cet immense bassin du Nil que les énormes réserves des grands

lacs supérieurs ont fait échapper à l'épuisement presque total qu'ont subi d'autres fleuves de cette partie du continent africain.

De plus, les transformations survenues dans le régime du fleuve et dans la physionomie générale du pays, devaient avoir laissé des marques plus visibles dans cette contrée qui porte encore aujourd'hui tant de monuments de sa puissante et ancienne civilisation.

C'est, en effet, jusque dans les vestiges de cette grandeur disparue que M. de La Motte est aller chercher les traces de ce qu'étaient autrefois le cours du Nil et le territoire qu'il traversait; et c'est la première fois, croyons-nous, que les études archéologiques ont été ainsi mises à contribution pour fournir leur part de lumière sur ces questions encore si peu connues des transformations successives dont les terres cultivées ont suivi, à travers les siècles, la loi commune.

M. de La Motte a commencé par dresser une grande carte du bassin du Nil, en y faisant figurer tout ce que l'on connaît de ce pays. Il est ainsi parvenu, après une étude patiente de tous les documents recueillis, à reconstituer, par la pensée, l'ancien état du bassin et à délimiter les territoires, autrefois cultivés, dont les antiques monuments, aujourd'hui perdus dans des plaines arides, indiquent encore l'existence.

Notons tout de suite ce fait bien instructif, que, dans les parties supérieures du bassin, les monuments sont situés sur des plateaux élevés que les eaux n'atteignent plus, tandis que, dans les parties inférieures de la vallée, ils sont enterrés dans le sol et envahis par les crues du Nil. Ainsi se manifeste, par le seul aspect des anciens monuments, ce mouvement de bascule qui s'est produit dans le cours du fleuve rompant ses retenues naturelles, perdant ses niveaux supérieurs et emportant les hautes terres cultivées pour en combler les plaines de l'Égypte actuelle.

Ces modifications dans le régime et dans le lit du fleuve se sont-elles produites lentement ou par mouvements brusques? Il serait assez téméraire d'émettre une affirmation à ce sujet. On peut penser toutefois que la destruction des seuils a dû, à certaines époques, être fort accélérée par les travaux des ingénieurs de ce temps qui se préoccupaient, sans doute, de faciliter la navigation du fleuve pour les communications avec le Haut Nil et le Soudan. C'est à une telle hypothèse que l'on peut rattacher le fait, déjà relaté, de l'enfouissement des villes de Thèbes et de Memphis qui a été contemporain de l'abandon de la Nubie et qui paraît s'être accompli dans un laps de temps

infiniment plus court que celui qu'eût exigé l'exhaussement normal du sol résultant du dépôt annuel des limons. L'opinion, que nous avons déjà citée, du savant égyptologue M. Eug. Révillout, est très concluante à ce sujet. Comment expliquer de pareils changements, dit-il, autrement que par le travail fait aux cataractes, travail que toutes les générations ont pris à tâche de continuer?

De son côté, M. de La Motte a constaté, dans le voyage qu'il a fait en Nubie, en 1880, avec l'ingénieur Cotterill, que le sol arabe manque sur de grandes étendues et qu'il n'en reste, par places, que des vestiges analogues à ces témoins que l'on conserve parfois dans les fouilles sur les chantiers de terrassements. Il a reconnu, en même temps, l'existence d'alluvions nilotiques sur d'immenses plaines d'un niveau bien supérieur à celui des plus hautes eaux actuelles. Il fait observer que ces plaines sont, pour la plupart, couvertes d'un sable semblable à celui du désert qui peut faire douter, à première vue, de leur origine alluvionnaire; mais qu'il suffit de creuser un peu pour retrouver le limon du Nil. Il explique ce fait en disant que l'humus du limon, brulé à la longue par le soleil, a été peu à peu réduit en poussières que le vent a emportées, en ne laissant, à la surface, que les parties sablonneuses.

En évaluant, d'après les niveaux de ces plaines d'alluvion, l'étendue des terres cultivées de l'ancienne Égypte, depuis Khartoum jusqu'à la mer, on arrive au chiffre d'une vingtaine de millions d'hectares. La comparaison de ce territoire avec la superficie actuelle des terres en culture, qui n'est plus que de deux millions et demi d'hectares, peut donner la mesure de la véritable destruction qu'a subie ce grand pays et de l'intensité avec laquelle se sont produits, dans cette vallée, les phénomènes de transformation communs à la plupart des cours d'eau.

Si l'on considère, maintenant, que le territoire si réduit de l'Égypte actuelle ne lutte qu'à grand peine contre de nouveaux empiétements du désert et que ses conditions de culture sont de plus en plus précaires, à cause, notamment, du régime de plus en plus torrentiel du fleuve, on peut s'étonner de la persistance des idées que l'on s'était formées, en dehors, d'ailleurs, de toute base scientifique, sur le merveilleux et exceptionnel bienfait des crues du Nil et sur la conservation et la fertilisation, sans cesse renouvelée, de la terre d'Égypte.

M. Dumas disait, cependant, tout récemment encore, avec la grande autorité qui lui appartient, dans son discours d'ouverture à la Société

nationale d'Agriculture, que « l'Égypte offre l'admirable phénomène d'une fécondité durable à travers de longs siècles et pour ainsi dire inaltérable ; que la terre s'y renouvelle sans cesse et que, chaque année, sous un ciel toujours pur, le vieux sol épuisé se recouvre, par les apports du Nil qui l'arrose, d'un limon vierge qui le rajeunit. »

Je cite à dessein ce passage, Messieurs, pour montrer une fois de plus combien les opinions généralement reçues sur le régime des eaux sont encore éloignées des principes que nous avons exposés et quel intérêt s'attache aux études dont nous avons tenté d'indiquer la voie.

Entendez plutôt ce que disait Ampère, traduisant en quelques paroles éloquentes le sentiment que lui inspirait cette Égypte de nos jours, si déchue de son ancienne splendeur : « La nuit, nous écoutions le gémissement des roues à pots qui ne s'arrêtent jamais ; ce gémissement nous semblait être le soupir de l'Égypte s'élevant comme une plainte à demi-étouffée de cette terre misérable vers le ciel magnifique, dans la sérénité des nuits. »

II

Il suffit, Messieurs, de parcourir ce curieux pays pour être frappé du contraste entre sa situation actuelle et la grandeur de son passé. Pour peu qu'on ait l'esprit porté à des vues de ce genre, on se demande s'il ne serait pas possible de restaurer l'antique prospérité de ce territoire, en ramenant sur les vastes plaines devenues stériles les eaux qui les fertilisaient autrefois.

C'est ce sentiment qu'exprimait Bonaparte en disant : Si je gouvernais ici, pas une goutte d'eau n'irait à la mer avant d'avoir saturé le désert.

Un illustre explorateur et, disons plus, un grand penseur, sir Samuel Baker, qui a parcouru le Haut Nil, développe la même idée dans son ouvrage sur *les Tributaires du Nil en Abyssinie*. C'est même à ce savant voyageur que revient le mérite d'avoir entrevu, un des premiers, la solution de ce vaste problème.

« Pourquoi, dit-il, le limon qui va maintenant envaser la Méditerranée ne serait-il pas dirigé sur l'immense et aride étendue du désert qui deviendrait ainsi une terre fertile ? On devrait former, sur les différents gradins de l'Égypte, une suite de vastes réservoirs qui permettraient de faire autant d'irrigations que l'on voudrait. La pierre ne

manque pas le long du Nil et les ingénieurs ne rencontreraient pas de difficultés sérieuses. Ce plan n'est pas une fiction, ajoute Samuel Baker, c'est un fait simple et facile à comprendre qu'avec une pente de 1500 pieds en 1000 milles et une rivière qui, à certains moments, fournit une quantité illimitée d'eau et de limon, on pourrait approvisionner une énorme quantité de terrain que l'on fertiliserait, non seulement avec l'irrigation, mais aussi avec le limon. Ce plan, dit encore Samuel Baker n'a pas besoin d'être exécuté du coup, en entier; ce grand ouvrage pourra être commencé par la construction d'un premier barrage à la première cataracte, à Assouan, où la rivière est bordée de granit. A ce point, le niveau de la rivière pourrait être élevé à une très grande hauteur qui commanderait une immense étendue. Le système une fois mis en pratique, on pourrait continuer à construire des barrages à intervalles proportionnés aux hauteurs, qui, non seulement amèneraient la culture dans les déserts des deux rives, mais faciliteraient la navigation qui, maintenant, est souvent entièrement arrêtée par de nombreuses cataractes. »

Ce sont assurément des vues aussi justes qu'élevées; mais une étude attentive des conditions fort complexes dans lesquelles se pose, en réalité, le problème à résoudre, montre qu'il s'agit moins, aujourd'hui, de conquérir, même progressivement, de nouveaux territoires que de parer aux besoins pressants des terres actuellement cultivées et que toute solution qui ne satisferait pas, avant tout, à ce but essentiel ne répondrait pas aux nécessités présentes et ne serait pas, par conséquent, pratiquement réalisable.

On peut s'en convaincre en se reportant au remarquable exposé, publié en 1883, par le ministère des Travaux publics d'Égypte, sur les irrigations de ce pays. Voici quelques extraits de cet important document officiel, signé du Directeur, M. L. Rousseau, et approuvé par S. E. le Ministre Ali-Pacha.

« Le fleuve, malgré sa puissance, a un débit très réduit à l'étiage, au moment où, précisément, toutes les cultures riches sont sur pied et sont d'autant plus exigeantes que les basses eaux coïncident avec les plus grandes chaleurs. Si l'on peut prévoir la nécessité d'étendre les irrigations pour mettre en valeur des terres incultes, il faut, d'autre part, considérer que le plus important et le plus pressé est d'assurer le maintien et le fonctionnement de ce qui existe et ce problème est digne de toute la sollicitude du Gouvernement. Comme les

irrigations actuelles sont incomplètes et incertaines, ce sera, en réalité, les étendre que de les compléter et de les soustraire aux effets des variations du régime du fleuve. »

Ce rapport, en parlant de travaux de curage indispensables à faire dans les canaux, ajoute que « le pays ne peut pas attendre » et que, si l'on ne pare pas à cette situation, c'est, « à brève échéance, une diminution dans la culture d'été et un appauvrissement graduel du pays. »

Ainsi donc, la situation actuelle est fort critique et l'on conçoit qu'en présence de besoins aussi immédiats, on soit porté à ajourner l'examen de projets plus étendus.

Mais, il arrive parfois que certaines questions ne peuvent pas se résoudre isolément. En ne se préoccupant que du bas cours du fleuve et des seules terres qui soient encore arrosées, peut-être a-t-on négligé d'examiner si la solution des difficultés présentes ne devait pas être recherchée dans une étude générale du régime du fleuve et si cette solution ne serait pas, alors, de nature à permettre l'extension des terres cultivées tout en améliorant la condition de celles qui le sont déjà.

Telle est la voie dans laquelle M. de La Motte a dirigé ses recherches et, disons-le tout de suite, s'il s'est rencontré avec les vues générales exprimées par sir Samuel Baker, il les a très heureusement complétées par une application pratique, soigneusement appropriée aux exigences de la situation actuelle. « Vouloir transformer les déserts en terres fertiles, dit-il avec beaucoup de raison, est une idée simple dont chacun des voyageurs en Afrique a formulé le désir. Le moyen pour y parvenir a été indiqué par tout le monde, c'est de l'eau. Mais quand, de cette idée générale, on veut passer à la pratique, il est moins facile de voir par où l'on doit commencer et quels moyens on doit employer. » Le grand mérite de M. de La Motte a été précisément d'indiquer ces moyens et de ramener ainsi la question dans le domaine des choses réalisables. La solution qu'il propose et qui consiste à créer un vaste réservoir, non à Assouan, à la première cataracte, mais à trente kilomètres plus bas, à Selseleh, est d'autant plus intéressante que, faisant partie d'un plan général d'aménagement des eaux du Nil, elle rompt avec le système des demi-mesures et des expédients qui n'a jusqu'à présent, abouti qu'à des insuccès.

M. Ferdinand de Lesseps, à qui M. de La Motte fit part de ce projet,

il y a une douzaine d'années, avait été vivement frappé de son importance pour les destinées de l'Égypte. Sachant que je m'étais occupé de cette question, à la suite d'un voyage fait avec M. A. Lavalley sur le Haut Nil, il nous amena tous les deux chez M. de La Motte pour prendre connaissance de ses travaux et les étudier. J'étais d'autant plus porté à cet examen que j'avais eu l'honneur de m'entretenir, peu de temps auparavant, avec S. A. Ismaïl, alors Vice-Roi d'Égypte, d'un projet analogue à celui de Linant Bey, projet dont les travaux de M. de La Motte m'ont d'ailleurs fait, depuis, reconnaître les côtés défectueux et insuffisants.

Je me mis donc à étudier le plan de M. de La Motte et je dois dire que c'est cette étude qui me conduisit aux recherches que je n'ai ensuite cessé de poursuivre sur la question de l'aménagement et de l'utilisation des eaux.

Parti de l'idée d'une simple dérivation du Nil à la première cataracte, j'arrivai bientôt à reconnaître la nécessité du vaste réservoir de Selseleh. Je me rendis compte que là était le nœud des questions dont on cherchait en vain la solution dans le cours inférieur du fleuve, ainsi qu'avait pu le constater notre éminent collègue et mon honoré maître, M. Lavalley, dans une étude spéciale qu'il fit en Égypte quelques années après l'achèvement du canal de Suez.

C'est aussi ce dont ne pourra manquer d'être frappé le colonel Scott Moncrieff qui vient d'être chargé par le Gouvernement Anglais d'étudier la question sur les lieux. Cet habile ingénieur, qui a acquis une grande expérience de ces sortes de travaux aux Indes et en Birmanie, s'est déjà mis à l'œuvre. Son attention a pu tout d'abord être absorbée par les besoins pressants de la basse Égypte et, peut-être, aura-t-il, comme beaucoup d'ingénieurs qui l'ont précédé, essayé de trouver une solution dans la seule amélioration de la canalisation actuelle du Delta. Mais, comme le dit fort bien M. Mackensie Wallace, dans son ouvrage intitulé *Egypt and the Egyptian question*, paru tout récemment à Londres, le colonel Moncrieff « aura ensuite à prendre en considération le grand projet de M. de La Motte destiné à régler l'inondation annuelle, de façon à ce qu'il y ait une distribution abondante d'eau dans toute l'Égypte et pendant toute l'année. » Sans achever cette citation, tout à la louange de M. de La Motte, nous devons remercier ici M. Mackenzie Wallace du haut sentiment de justice dont il donne le témoignage en parlant des travaux d'un de nos compatriotes. Qu'il nous soit permis

d'y voir un présage d'une communauté d'efforts des deux pays pour une grande œuvre de civilisation.

Mais ce n'est pas tout, vous le savez, Messieurs, d'avoir une idée juste; le plus difficile est souvent de trouver les concours nécessaires à sa réalisation, surtout lorsqu'il s'agit d'une œuvre nouvelle dépassant les proportions ordinaires. Aussi, M. de La Motte s'est-il consacré à cette tâche. Disons tout de suite qu'il y a été puissamment aidé par deux personnages considérables, S. G. le duc de Sutherland, et l'éminent homme d'État S. E. Nubar-Pacha à qui l'Égypte est redevable de tant de services. Fort de cet appui, il s'est mis en relation avec un grand nombre de savants et de notabilités, tant en France qu'à l'étranger, et il est ainsi parvenu à former un groupe important qui, acceptant ses vues, s'est institué sous le nom de « Société d'études du Nil. »

Dès l'année 1880, une expédition fut organisée aux frais des deux personnalités que je viens de nommer et avec la haute et très bienveillante protection de S. A. le Vice-Roi d'Égypte, qui donna l'ordre d'adjoindre à cette mission un des ingénieurs de son Ministère des Travaux publics et qui fit précéder l'expédition de tous les ordres aux Moudirs et aux Gouverneurs des provinces d'avoir à aider M. de La Motte de la manière la plus efficace.

Des observations recueillies dans ce voyage confirmèrent pleinement les vues émises par M. de La Motte et démontrèrent l'opportunité d'entreprendre une étude plus détaillée.

Une nouvelle mission fut alors organisée, par la Société d'études du Nil, en 1882, sous la direction technique de M. L. Jacquet, inspecteur-général des Ponts et chaussées, qui avait obtenu, à cet effet, une autorisation spéciale du Ministre des Travaux publics.

M. Jacquet avait pu être séduit par la grandeur du problème hydraulique soumis à son examen; mais il emportait assurément avec lui les doutes et les appréhensions qui précèdent toujours, chez les hommes de grande expérience et de haut savoir, l'adhésion définitive à toute conception nouvelle. Disons-le dès maintenant, M. Jacquet est revenu convaincu. Je rendrai compte tout à l'heure de son très beau rapport; mais je tenais, après le court historique que je viens de vous présenter, à vous signaler l'importance d'une telle adhésion dont l'autorité suffit, dès aujourd'hui, pour donner aux projets de M. de la Motte le caractère d'une entreprise pratiquement réalisable.

III

Avant d'entrer dans l'exposé détaillé du projet dont il s'agit, permettez-moi, Messieurs, de vous présenter une vue générale du bassin du Nil, du régime du fleuve, du système des irrigations et des conditions actuelles de la culture d'Égypte.

Ces indications préalables ne seront sans doute pas inutiles pour la clarté de cet exposé.

L'Égypte actuelle, comprenant la Basse, la Moyenne et la Haute Égypte, s'étend depuis la mer Méditerranée jusqu'aux environs d'Assouan, à la première cataracte.

La Basse Égypte est située au-dessous du Caire. Elle tire, comme chacun le sait, son nom de Delta de sa forme triangulaire produite par l'éventail des attérissements du Nil. C'est une grande plaine, généralement verdoyante, sillonnée de canaux et traversée par les deux dernières branches du Nil qui existent encore, celle de Rosette et celle de Damiette. Seules, les parties qui ne sont pas atteintes par les eaux d'irrigation, y montrent le sable nu, dont le ton jaune se détache, par places, auprès des champs cultivés.

Au-dessus du Caire, l'aspect change, avec le système de culture. Le Nil coule au milieu d'une vallée plus ou moins large; la bande de terrains cultivés, le long du fleuve, est limitée de chaque côté par le désert.

Le Nil est passablement navigable jusqu'à la première cataracte; il l'est encore entre la première et la seconde. Mais, au delà, dans la Nubie, se trouvent une quantité de chutes ou de rapides qui font que les communications vers Khartoum ne peuvent guère s'effectuer que par caravanes, à travers le désert.

Un peu avant Khartoum, le Nil reçoit son premier affluent, l'Atbara, qui descend des montagnes de l'Abyssinie.

C'est à Khartoum que se fait la réunion des deux Nils; l'un, le Nil Bleu, sort du lac Tzana, situé à l'altitude de 2,000 mètres, dans le massif central de l'Abyssinie et l'autre, le Nil Blanc descend des grands lacs de l'Afrique équatoriale.

Le Nil Bleu fournit peu de matières limoneuses. Quand ses eaux limpides arrivent à Khartoum, dit M. Eug, Tissot, ingénieur au Caire,

dans son intéressante brochure sur « la crue du Nil, » leur couleur bleuâtre se détache sur le ton rouge du fleuve Blanc qui est saturé d'argile. Les eaux des deux fleuves voyagent longtemps de concert sans se mêler; on peut encore les distinguer à une très grande distance de leur confluent.

Ce sont les eaux du *fleuve Bleu* qui arrivent les premières au Caire, et c'est dans la nuit du 17 juin que la capitale de l'Égypte fait son ovation à la goutte ou au *Nocta* céleste qui symbolise le fleuve naissant.

Une autre cérémonie consacre l'arrivée des *eaux rouges* lorsque le fleuve atteint une hauteur de dix coudées qui représente les deux tiers de la crue. C'est ce que la foi populaire appelle la fête du mariage du Nil.

Ajoutons enfin, que, une vingtaine de jours avant l'arrivée des eaux bleues, apparaissent des eaux que l'on appelle les *eaux vertes* qui prennent naissance dans les immenses marécages que le Nil traverse après Gondokoro. C'est dans ces marais, dit encore M. Tissot, que faillirent se perdre, il y a dix-huit siècles, les centurions Romains envoyés par Néron à la recherche des sources du Nil.

La crue du Nil commence à se faire sentir au mois de juin et elle grandit jusqu'en octobre. La hauteur qu'elle atteint a une importance capitale pour l'Égypte. La crue la plus heureuse est une crue d'environ 8 mètres. Au dessous de cette hauteur, les arrosages ne peuvent pas se faire ou se font mal; au-dessus, des désastres peuvent être causés par des ruptures de digues.

M. de La Motte a expliqué d'une manière fort ingénieuse comment les hauteurs des crues dépendent des époques où se produisent les crues du Nil Bleu et du Nil Blanc.

Le Nil Bleu, dont la crue doit se dessiner à Khartoum vers la fin d'avril, n'y arrive pas toujours à une date fixe ni avec la même intensité. La crue du Nil Blanc a lieu, en moyenne, une vingtaine de jours après, avec des variations analogues. Si donc, dit M. de La Motte, le Nil Bleu est en avance, il peut avoir écoulé une grande partie de ses eaux avant l'arrivée de celles du Nil Blanc; dans ce cas, le Nil sera petit ou moyen et ce sera la misère en Égypte. Si, au contraire, le Nil Bleu est en retard et que le Nil Blanc soit en avance, la somme des deux Nils, par leur conjonction trop rapprochée, donnera une crue exagérée qui mettra l'Égypte en danger. On voit donc que la crue

normale ne peut se produire que par une bonne conjonction des deux Nils.

C'est en étudiant ainsi les causes de l'inégalité des crues que M. de La Motte a été conduit à l'idée du réservoir de Selseleh destiné à en amoindrir les écarts et à son plan d'aménagement des eaux du Nil qu'il a développé dans ses diverses brochures et notamment dans celle intitulée « le Nil, » à laquelle nous avons fait de nombreux emprunts.

Passons maintenant aux divers systèmes de culture employés dont nous trouvons la très exacte description dans le rapport déjà cité du Ministère Égyptien.

Dans toute la Haute-Égypte, depuis la première cataracte jusqu'au Caire, la culture se fait, sauf dans quelques régions, par bassins d'inondation. Dans ce système qui était, il y a moins d'un siècle, appliqué à l'Égypte entière, le pays est divisé en bassins successifs, dont quelques-uns d'une très grande étendue, dépassant parfois trente mille hectares. Ces bassins, compris entre les bords du fleuve, ou des digues qui lui sont parallèles, et les terres hautes du désert, sont séparés entre eux par des digues transversales. Quand le Nil atteint une hauteur suffisante, les bassins se remplissent de l'un à l'autre et par des canaux spéciaux, peu profonds mais larges, partant directement du Nil. Après un séjour dans les bassins allant jusqu'à soixante-dix jours, les eaux sont écoulées vers le fleuve. La terre est alors ensemencée et le cultivateur n'a plus à s'occuper de ses champs que pour la moisson. C'est là la culture, dite *Chitoui*, l'ancienne culture traditionnelle des céréales d'Égypte.

Certaines cultures, qu'on appelle *Nili*, se font aussi dans cette région, sur les bords du fleuve, pendant la montée des eaux. On les arrose au moyen des appareils élévatoires en usage dans le pays.

Enfin, au moment où le fleuve commence à décroître, le fellah le suit pour ainsi dire pas à pas, s'emparant du sol à mesure que l'eau se retire et lorsqu'il n'est encore qu'une boue noire et gluante; il utilise ainsi les berges des rives, le plafond et les talus des canaux qui s'assèchent et les îlots qui se découvrent dans le lit même du fleuve. En même temps, partout se continuent les irrigations artificielles au moyen des *chadoufs* manœuvrées à bras d'homme et des *sacquiehs* ou *norias* mises en mouvement par des bœufs et, dans les grandes exploitations, au moyen de machines à vapeur.

Le procédé de culture par bassins présente l'avantage de retenir, en

temps de crue, de grandes masses d'eau et de réduire le danger des inondations pour la Basse Égypte. Mais, hâtons-nous d'ajouter que ce système est des plus primitifs; car le sol est condamné à la stérilité pendant près de la moitié de l'année. En effet, en été la terre, brûlée par le soleil, est trop durcie pour être cultivée et, en automne, elle est couverte d'eau. De plus, on ne peut en obtenir les produits les plus rémunérateurs tels que le coton et la canne qui demandent des arrosages de printemps.

Rappelons, en outre, que ce système de culture n'est possible qu'avec une bonne hauteur des eaux, ce qui est bien loin d'arriver tous les ans; quand la crue est trop forte, elle menace le pays des plus grandes calamités; quand elle n'atteint pas le degré voulu, les terres restent à sec et le Nil, faute souvent de quelques pieds pour arriver au niveau nécessaire, roule inutilement devant elles, ses eaux chargées de limon. C'est, alors, une année totalement perdue pour une partie de l'Égypte.

Aussi, ce mode d'arrosage a-t-il fait place, dans la basse Égypte, à un système de canaux dits *Séfi*, ou d'*été*, constamment alimentés d'eau, même pendant l'étiage du fleuve. Ce système a, de plus, le mérite de se prêter à tous les genres de culture; mais il exige des curages continuels de canaux qui ne peuvent pas toujours être exécutés faute de bras et malgré toutes les coercitions de la corvée.

Linant Bey explique parfaitement, dans ses intéressants « Mémoires sur les Travaux publics en Égypte, » que ces canaux Séfi n'ayant, forcément, que très peu de pente, puisqu'ils doivent en avoir moins que le Nil qui en a lui-même fort peu dans le Delta, ce n'est qu'à une grande distance de leur origine que le niveau de leurs eaux atteint celui des terres et qu'en conséquence, peu de terrains peuvent profiter de ces eaux sans qu'on ait recours à des machines élévatoires. Il montre aussi quelle perturbation produisent, dans le pays, les corvées imposées à des populations qu'il faut appeler parfois loin de leurs foyers, pour des travaux à l'exécution desquels elles ne sont même pas toujours intéressées.

Les curages de canaux ne sont pas, d'ailleurs, les seuls travaux à faire chaque année. Il faut y ajouter ceux de réfection et d'entretien des berges du fleuve et des grands canaux. On donnera une idée de l'importance de ces travaux en disant qu'ils représentent, pour la basse Égypte seulement, un cube de plus de dix millions de mètres

à enlever annuellement et qu'ils exigent l'appel forcé de près de cent mille hommes pendant plusieurs mois.

En présence des difficultés presque insurmontables d'un pareil travail, on a cherché à diminuer la main-d'œuvre par l'emploi de moyens mécaniques et à parer aux insuffisances de curage des canaux par une alimentation artificielle à l'aide de machines à vapeur. Mais aucune solution n'a, jusqu'à présent, complètement résolu le problème et la situation demeure toujours aussi critique.

Pour compléter cette esquisse rapide de l'état actuel des irrigations d'Égypte, il convient de dire un mot du grand barrage construit à l'origine du Delta, à la bifurcation des deux branches de Rosette et de Damiette.

Ce barrage, conçu par Méhémet-Ali et dont on peut trouver la description et le curieux historique dans les « Mémoires » déjà cités de Linant Bey, avait eu en vue de relever le plan d'eau du Nil, à l'étiage, d'environ $4^{m},50$ pour assurer l'alimentation de tous les canaux de la Basse Égypte. Malheureusement, les fondations ne furent pas faites avec une solidité suffisante pour supporter une pareille charge, de sorte que cet énorme ouvrage n'a pu répondre à l'emploi auquel il était destiné. Tout au plus, peut-il servir aujourd'hui à régler la répartition du débit du Nil entre les deux branches de Rosette et de Damiette.

Telle est, en résumé, la situation actuelle : dans la Haute Égypte, l'ancienne culture pharaonique avec tous ses inconvénients et soumise aux incertitudes et aux dangers des crues ; dans la Basse Égypte, la culture plus perfectionnée par canaux d'étiage, mais exposée, pendant les hautes eaux, aux inondations, et, pendant les étiages, au manque d'eau provenant, soit des trop basses eaux, soit du défaut de curage des canaux.

IV

Nous avons essayé de montrer que pour remédier à une telle situation, il ne suffisait pas de considérer le système et le fonctionnement de la canalisation actuelle et que les difficultés dont souffrent les cultures dépendant, en grande partie, des inégalités des crues et des étiages du Nil, leur solution devait être cherchée dans une amélioration du régime du fleuve.

Mais, en admettant même que l'on procède immédiatement aux travaux nécessaires pour atteindre ce résultat, il faut bien reconnaître

que l'on n'échappe pas, pour cela, à l'obligation de parer immédiatement à des nécessités qui s'imposent, d'une manière pressante, à l'Administration du pays. Il convient donc de faire connaître aussi ce côté spécial et urgent du problème à résoudre.

Nous ne saurions mieux faire, pour donner une notion exacte de cette question, que de reprendre ici succinctement l'analyse du Rapport si net et si concluant du Directeur des Travaux publics d'Égypte, M. L. Rousseau.

Il est d'abord expliqué, dans ce Rapport, en ce qui concerne la Haute Égypte : que, en temps d'étiage, « le débit du fleuve est trop limité pour que la culture Séfi puisse être étendue à la région actuelle des bassins; » qu'on ne peut d'ailleurs disposer, pour les arrosages, de tout le débit du fleuve dont une partie doit être, en tous cas, abandonnée à son cours naturel, jusqu'à la mer, pour la navigation, pour l'usage et l'hygiène des populations riveraines ; et que, d'autre part, en temps de crue, « les bassins sont nécessaires pour réglementer le fleuve en vue de réduire le volume de ses eaux et de mettre les terres de la basse Égypte à l'abri des inondations accidentelles qui sont d'autant plus à redouter que la pente devient plus faible en allant vers la mer. »

On avoue bien qu'il n'est pas juste de condamner la Haute Égypte à la culture Chitoui, c'est-à-dire « à ne pas progresser et de lui refuser une part proportionnelle et équitable des eaux qui passent devant elle avant d'aller dans la Basse Égypte à laquelle on les réserve dans une plus large part ; » mais on ajoute « que ce seraient des considérations de sentiment » et qu'il faut aller au plus pressé.

L'auteur du Rapport se défend si soigneusement de toute préoccupation autre que celle des besoins immédiats, qu'il repousse *a priori* toute considération qui pourrait le détourner de ce point de vue exclusif. « Le Ministère, dit-il, prend le Nil tel qu'il est aujourd'hui quand, en franchissant la cataracte d'Assouan, il pénètre dans l'Égypte proprement dite. »

Examinons donc les mesures qui, dans un tel ordre d'idées, sont proposées par le Ministère Égyptien. Elles se bornent, dans la Haute Égypte, à quelques travaux neufs de digues, au maintien et à l'entretien des digues existantes, à l'établissement d'ouvrages maçonnés destinés à remplacer les coupures faites annuellement pour remplir et vider les bassins et à quelques autres travaux du même ordre. Pour la

Basse Égypte, « le but poursuivi est de transformer tous les canaux Nili en canaux Séfi, en les approfondissant ; mais on est complètement arrêté dans cette voie par l'insuffisance notoire et de plus en plus grande du seul instrument de cette transformation, la prestation en nature. La prestation était suffisante, naguère, quand elle était employée à l'entretien des digues du fleuve et au curage de canaux, tous Nili, qui étaient à sec au .moment où on les curait ; elle gênait moins, aussi, les travaux agricoles parce que, alors, ces travaux se bornaient aux cultures Chitoui et Nili et n'avaient pas la lourde charge des cultures Séfi. Aujourd'hui, elle ne peut plus suffire aux travaux annuels d'entretien qui lui incombent, travaux devenus plus difficiles, s'exécutant, pour une bonne part, dans l'eau et elle peut encore moins être employée à des travaux neufs. Le recrutement des corvées devient, d'ailleurs, tous les jours plus difficile avec le progrès des idées et des mœurs qui fait réprouver l'emploi des mesures de rigueur et ôte aux autorités administratives des moyens d'action malheureusement encore nécessaires. » Quoi qu'il en soit, ajoute-t-on, la situation est telle, qu'il faut, à tout prix, y apporter remède. « Non seulement on ne peut plus creuser de nouveaux canaux Séfi et, par conséquent, développer la culture d'été, mais encore il faut, dans l'exécution, faire une part, chaque année, des travaux d'entretien possibles parmi les plus urgents et abandonner les autres. »

On a proposé, pour l'approfondissement et le curage des canaux, l'emploi de moyens mécaniques ; mais, « pour développer les dragages sur tout le réseau des canaux à creuser et à entretenir, il faudrait refaire la presque totalité des ouvrages qui existent sur les canaux et créer des types multiples de dragues. Beaucoup de temps serait nécessaire ; ce serait une œuvre de longue haleine et, comme on l'a déjà dit, le pays ne peut pas attendre. »

En présence de cette presque impossibilité de creuser et d'entretenir les canaux à la profondeur voulue, le Rapport conclut à la nécessité de relever leur plan d'eau par une alimentation artificielle au moyen de machines à vapeur et énumère, ainsi qu'il suit, les avantages à attendre de cette solution : on assurera, de cette manière, aux canaux Séfi un débit constant quelque bas que soit l'étiage du fleuve, ce qui est d'une extrême importance pour les cultures, attendu que, dans la Basse Égypte, avec les bas étiages exceptionnels du Nil, la valeur des produits de la culture d'été peut être diminuée de cent millions de

francs. On pourra laisser se remblayer les prises d'eau actuelles des canaux Séfi et les premières parties de ces canaux jusqu'aux seuils des premiers ouvrages de retenue et économiser, ainsi, pour quelques années, des cubes considérables de curages. Par l'élévation à volonté des plans d'eau, on utilisera, pour les irrigations d'été, tout le réseau des canaux Nili intérieurs, devenus ainsi canaux Séfi sans travaux de creusement, et on évitera aux particuliers les élévations d'eau qu'ils font à grands frais. « On aura, en un mot, par l'alimentation artificielle, un débit exactement en rapport avec les surfaces à arroser et pouvant être porté jusqu'aux dernières parcelles du territoire actuellement cultivé. » Les dragages, ajoute-t-on, qui ne pouvaient, à eux seuls, résoudre la question, deviendront les auxiliaires nécessaires du système d'alimentation des canaux par machine à vapeur.

Après quelques considérations sur les *canaux de déversement*, dont il convient d'agrandir les sections pour augmenter les débouchés du Nil en temps de crues, et sur les *canaux d'écoulement* pour les eaux d'arrosage, le Rapport passe à l'examen des quantités d'eau qu'exigent les cultures d'été de la Basse Égypte et à l'exposé des moyens proposés pour les leur fournir.

La quantité d'eau nécessaire par jour est de 25 millions de mètres cubes pour une superficie de 400,000 hectares environ de cultures d'été représentant le tiers de la superficie totale des terres cultivées, soit de 60 mètres cubes environ par hectare et par jour.

On admet que 19,300,000 mètres cubes seront fournis au moyen de machines à vapeur. On calcule que le débit minimum du Nil, au Caire, étant de 38 millions de mètres cubes par jour dans les plus bas étiages, il restera encore pour les deux branches, de Rosette et de Damiette, un volume d'eau minimum à partager entre elles, de 13 millions de mètres cubes par jour.

Ceci posé, l'auteur du Rapport expose quelles seront les conséquences économiques du système en ce qui concerne les réductions du travail à demander obligatoirement à la corvée et finalement les dépenses que nécessitera son application.

« Le minimum des travaux, est-il dit, que, dans l'état actuel de nos études, on ne peut pas faire autrement que de laisser à la charge des prestations en nature » est annuellement, pour la Basse Égypte seule, de 7 millions de mètres cubes pour l'entretien et la réfection des digues du fleuve et des grands canaux, et de 4 millions de mètres

cubes pour le curage des canaux Séfi à petite section; soit, en tout, de 11 millions de mètres cubes qui exigeront 20,000 hommes de corvée pendant six mois et 30,000 hommes pendant trois mois, ou 6,300,000 journées.

La charge actuelle de la corvée étant d'environ 80,000 hommes pendant six mois soit de 14,400,000 journées, on économisera donc là, dit-on, 8,100,000 journées, soit 56 pour 100, ou tout au moins une moitié de cette main-d'œuvre.

Passant au chapitre des dépenses, le Rapport évalue les travaux à faire dans la Haute Égypte, pour la région des bassins, à une somme de 33,500,000 francs à répartir sur une période de 10 à 15 années; et les améliorations à apporter aux deux principaux canaux de cette région à une charge annuelle de 3 à 4 millions de francs pendant 25 ans.

Dans la Basse Égypte, la grosse dépense est celle des machines élévatoires. La quantité d'eau à élever est, comme on l'a vu précédemment, de 19,300,000 mètres cubes par jour. Il faut la monter à une hauteur moyenne de 3^{m},50 et pendant une période moyenne de 130 jours. La dépense annuelle prévue est d'environ 6 millions de francs ce qui donne un prix de 70 centimes par 1,000 mètres cubes d'eau élevés à 1 mètre.

Les dépenses totales pour la Basse Égypte seule se totalisent ainsi qu'il suit :

Dépenses annuelles.

Machines élévatoires	6.200.000 francs.
Dragages.	5.000.000 »
Entretien.	1.000.000 »
	12.200.000 francs.

Dépenses de mise en état. Annuité par amortissement en 35 *années.*

Canaux alimentés par machines. . . .	1.435.000 francs.
Canaux de déversement.	895.000 »
Barrage	700.000 »
	3.030.000 francs.

Ce qui donne un total d'environ 15 millions de francs. Si l'on ajoute

à ce chiffre la somme que représentent les 6,300,000 journées, on arrive à une dépense totale annuelle dépassant 20 millions de francs.

Les résultats à attendre, dans le présent et dans l'avenir, de cet ensemble de travaux sont-ils en rapport avec une telle charge?

Il est incontestable qu'il faut, à tout prix et par n'importe quel moyen, remédier aux difficultés actuelles, et l'on conçoit que le Gouvernement ne recule, pour y arriver, devant aucun sacrifice. Mais il ne manquera pas, assurément, de réduire au strict nécessaire des dépenses qui, ne concourant pas à la réalisation d'un programme d'amélioration générale et permanente, n'auraient en vue que de parer à des bassins immédiats.

Nous n'entendons nullement critiquer ici l'emploi des pompes. C'est un système qui donne de fort bons résultats pour de faibles hauteurs et qui a déjà reçu, en Égypte, aussi bien qu'ailleurs, la sanction de la pratique. Il y a même tout lieu de penser que son application s'étendra, avec profit, à mesure que le régime du fleuve sera amélioré et que de plus grandes quantités d'eau seront mises à portée des cultivateurs. Mais, à notre sens, là n'est pas, au juste, la question; il s'agit de savoir si le système de l'élévation artificielle des eaux, même employé, comme on le propose, sur une très vaste échelle, peut être considéré comme une solution rationnelle et définitive du problème des arrosages d'Égypte, s'il est même un remède suffisant pour le présent, et si son application exclusive ne risque pas de reculer la difficulté en la laissant s'aggraver, au lieu de la résoudre.

Or, il résulte de ce qui précède que la quantité d'eau disponible à l'étiage suffit, tout au plus, pour l'arrosage d'été d'un tiers des terres cultivables du Delta et que, repousser, *a priori*, tout projet d'amélioration du régime du Nil, ce serait condamner la plus grande partie de l'Égypte non seulement à ne jamais progresser, mais à subir les conséquences dont on sait la gravité, des inégalités croissantes des crues et des étiages du fleuve.

Tout en considérant donc l'alimentation de certains canaux par machines à vapeur comme une mesure excellente, si on en use avec discernement, et qui pourra même continuer, ensuite, à être utilement appliquée dans des points spéciaux, peut-être fort nombreux, nous croyons qu'elle ne doit nullement faire ajourner les grands travaux destinés à améliorer le régime du fleuve, même pour ce qui concerne exclusivement la Basse Égypte. Pour n'en citer qu'une preuve, il

suffira de rappeler que le relèvement des étiages augmentera la quantité d'eau disponible, qu'il diminuera la hauteur de son élévation artificielle et que la réduction des crues excessives amoindrira dans une large mesure les dépenses d'entretien des digues, qui sont, comme il a été dit, une des lourdes charges de la situation actuelle.

V

Ces explications préliminaires étant données, j'en arrive au rapport de M. l'ingénieur Jacquet.

Je voudrais, Messieurs, pouvoir reproduire ici en entier ce remarquable travail. Je dois, à regret, me borner à en représenter seulement quelques extraits et à en faire le résumé.

M. Jacquet rappelle d'abord le but général des études entreprises, tel qu'il a été défini par M. de La Motte.

Le problème à résoudre consiste à protéger l'Égypte contre les inondations excessives, à obvier à l'insuffisance des crues et à utiliser, pour la culture, la plus grande quantité d'eau possible en satisfaisant tout d'abord et en première ligne aux besoins des terres déjà cultivées.

Nous avons pu constater, dit M. Jacquet, combien les projets de M. de La Motte sont populaires en Égypte et combien l'on y attend avec impatience leur mise en exécution.

M. Jacquet rend compte de ses propres impressions sur le pays.

« Indépendamment, dit-il, des enseignements de l'histoire, il suffit de parcourir la vallée du Nil pour reconnaître qu'il y a eu, autrefois, au bord du fleuve, une civilisation riche et puissante.

Les populations qui ont construit ces magnifiques monuments que l'on contemple maintenant au milieu du désert ou près de misérables bourgades, étaient autres que celles qui vivent aujourd'hui pauvrement sur les rives du Nil. Le territoire qui les nourrissait était autre que les minces bandes de terre cultivée le long du fleuve. C'est que le Nil n'inonde plus les plaines entre lesquelles il coule actuellement, profondément encaissé et qui sont devenues la proie du désert dès que les eaux n'ont pu les atteindre. La stérilité du sol a amené la dépopulation. Dès que l'on a vu ces choses, on comprend la pensée de faire revivre l'Égypte en lui rendant de l'eau.

Il suffit, d'ailleurs, de passer quelques semaines sur le bord du

fleuve pour comprendre quelle est la valeur de l'eau pour l'Égyptien. Les fellahs ou des nègres, souvent entièrement nus, sous un soleil brûlant, manœuvrent les chadoufs superposés à des hauteurs considérables, atteignant jusqu'à quinze mètres. Les bœufs font tourner les sacquiehs ou norias dont le grincement ne cesse jamais. Toute la force, toute l'énergie de ce peuple s'emploient à élever de l'eau et l'on se sent pris de pitié pour les malheureux voués à un si rude travail. Pour les grandes exploitations, des machines puissantes remplacent les bras de l'homme et le travail des animaux.

Avec tous ces efforts, au prix de dépenses énormes, on arrive à cultiver le long du fleuve une mince et étroite bande de terrain, laissant inculte, abandonnant au désert la plus grande partie de cette vallée autrefois si fertile et qui pourrait encore être riche et puissante ; car le Nil est toujours là, avec ses eaux fécondantes, le Nil dont le régime, soumis à des phases invariablement périodiques, ne donnera jamais aucun mécompte lorsqu'on voudra aménager et régulariser son cours. »

M. Jacquet rappelle que, pendant la période d'évolution complète du Nil, ses eaux n'atteignent les terres cultivées que pendant un court espace de temps et qu'on n'utilise, par conséquent, qu'une faible partie, une partie insignifiante des eaux du fleuve. Cette défectueuse répartition des eaux est encore aggravée par l'abaissement constant du fleuve par rapport aux terres riveraines, en sorte que la période pendant laquelle les canaux d'irrigations sont à sec s'accroît de plus en plus. D'autre part, aussi, le Nil, renfermé dans ses berges, ne trouvant plus, dans les parties supérieures de son cours, les bassins d'inondation où il pouvait étaler ses eaux surabondantes, devient un danger, dans les crues excessives, pour les territoires inférieurs qu'il menace de la dévastation et de la ruine.

On comprend, dès lors, ajoute M. Jacquet, la nécessité de l'aménagement des eaux du Nil et l'importance des combinaisons hydrauliques de M. de La Motte. Ces projets consistent à créer, dans le cours de la vallée, une série de bassins étagés dans lesquels on puisse retenir une partie des eaux surabondantes pour les répartir ensuite, suivant les besoins, pendant les époques de décroissance, de façon à obvier à la pénurie des inondations tout aussi bien qu'à parer au danger des crues excessives.

Ce plan d'ensemble est immense, mais il comporte tous les degrés d'une exécution progressive.

Tel est le cas du projet d'un premier bassin de retenue à créer à Selseleh, en aval de la première cataracte, et c'est ce projet que la mission de M. l'ingénieur Jacquet avait spécialement pour objet d'étudier.

M. Jacquet en donne une description détaillée.

Il expose que la vallée se prête parfaitement en ce point, à une telle création; car les montagnes qui, à la sortie de la cataracte, s'écartent tout à coup à perte de vue, se rapprochent de nouveau, à 30 kilomètres plus bas, à Selseleh, entourant ainsi, en un vaste cirque, l'immense plaine de Koum-Ombos, d'une superficie d'environ 120,000 hectares.

Cette plaine, formée par les alluvions du Nil, n'est plus atteinte aujourd'hui, même par les plus grandes crues, et le lit que le fleuve s'y est creusé traverse, à Selseleh, un défilé étroit ouvert dans des grès dont la solidité permet l'établissement d'un barrage.

Ainsi s'explique comment le temple de Koum-Ombos a pu d'abord être envahi et enterré par les apports du Nil et, ensuite, être attaqué et emporté presque tout entier par les érosions du fleuve.

C'est aussi à Selseleh que Linant Bey avait placé la prise d'eau de son projet de canal destiné à l'irrigation de la rive gauche du fleuve. Ce projet avait le grand inconvénient de dériver une portion des eaux du Nil, acquises aux irrigations déjà existantes, avant d'avoir créé, à Selseleh, de nouvelles réserves.

Des nivellements opérés à Koum-Ombos et à Djebel-Selseleh ont permis de déterminer, avec une exactitude suffisante, le niveau de la plaine de Koum-Ombos. Ce niveau est à environ vingt mètres au-dessus de l'étiage de Selseleh.

On a supposé que la retenue à opérer, au-dessus de ce niveau, serait de cinq mètres. La surface du bassin, en y comprenant le lit même du fleuve jusqu'à la cataracte, pouvant être évalué à 140,000 hectares, l'emmagasinement sera d'environ 7 milliards de mètres cubes d'eau.

Nous verrons, tout à l'heure, le rôle de cette énorme réserve d'eau. Disons, d'abord, comment a été résolu le problème du barrage et de l'émission des eaux.

M. Jacquet constate d'abord ce point essentiel que, dans le défilé de Djebel-Selseleh, le Nil coule sur un fond de rocher et que la possibilité de construction du barrage se trouve, dès lors, assurée ; mais il n'a pas cru prudent, malgré les magnifiques ressources de matériaux qui

sont à proximité, de demander à cet ouvrage de servir en même temps de déversoir pour une chute aussi forte. Il a admis que ce barrage serait insubmersible et qu'un débouché spécial serait fait au Nil.

A la suite de divers sondages, il s'est arrêté à la solution suivante :

Le lit actuel du Nil sera fermé par un barrage insubmersible.

Sur la rive droite sera ouvert un nouveau lit de 300 mètres de largeur complètement séparé du lit actuel, partout où la roche naturelle manquera, par une muraille maçonnée élevée à une hauteur supérieure aux plus grandes crues. Le plafond de ce nouveau lit sera découpé régulièrement dans les massifs de la montagne de grès et le fleuve s'écoulera, non par une chute ou une cataracte, mais par un rapide s'étendant sur une longueur d'environ deux kilomètres.

De l'autre côté de la montagne de Selseleh, toujours sur la rive droite, un bras de décharge de 700 mètres de largeur sera également ouvert dans le rocher. Un barrage de 1,300 mètres de longueur fermera ce côté de la vallée jusqu'à la chaîne arabique. Un endiguement d'une certaine longueur sera établi pour guider les eaux à une distance suffisante en amont et en aval du barrage.

Sur la rive gauche, seront découpés un canal de navigation avec une série d'écluses et un canal de dérivation, pour les irrigations, pouvant débiter de 4 à 500 mètres cubes par seconde.

Des dispositions spéciales sont prévues pour l'entrée et la sortie du canal navigable aux différentes hauteurs d'eau, en amont et en aval, ainsi que pour la prise d'eau du canal d'irrigation.

Enfin, des mécanismes, supportés par des ponts supérieurs, permettront de régler la hauteur de la retenue à opérer dans le lac.

Il faudra, dans certaines années, laisser le niveau du lac au plan d'affleurement de 20 mètres jusqu'au moment où le débit du Nil atteindrait le maximum de 12,000 mètres par seconde qui ne doit pas être dépassé sans danger pour les territoires inférieurs. Il faut donc que ce débit tout entier puisse s'écouler par le nouveau lit et le canal de décharge. Une tranche d'eau de 3 mètres, sur ce débouché, d'une largeur totale de 1,000 mètres, sera suffisante. Les seuils d'entrée devront donc être à la hauteur de 17 mètres, au plus, au-dessus de l'étiage de Selseleh.

On devra, au contraire, dans d'autres circonstances, pouvoir maintenir le lac à son plein presque jusqu'au moment où le Nil arrive à ses basses eaux. Dans ce cas, il conviendra de concentrer l'écoulement

dans le bras de 300 mètres et il sera nécessaire, à cet effet, de fermer le bras de décharge à la hauteur de la retenue.

Le débit total du Nil étant, en année moyenne, d'environ 120 milliards de mètres cubes, on conçoit, dit M. Jacquet, de quelle richesse disposerait le Gouvernement Égyptien s'il pouvait échelonner sur le fleuve trois ou quatre réservoirs semblables et être ainsi le maître des trésors que transportent les eaux et dont la presque totalité se perd aujourd'hui dans la mer.

Bornons-nous, ajoute M. Jacquet, à examiner quelles sont les conséquences de la construction du premier barrage dont le plan général vient d'être esquissé.

Mentionnons d'abord le résultat obtenu pour la navigation du Nil.

L'étiage de Selseleh est à l'altitude de 88 mètres. Le niveau inférieur de la retenue, qui a été fixé, comme on l'a vu précédemment, à 20 mètres au dessus de cet étiage, sera donc à la cote de 108. Or, à Philœ, au sommet de la cataracte, le plan d'étiage est à la cote de 110^{m},44. La dénivellation de 2^{m},44 étant certainement moindre que la pente que prendront les eaux entre ces deux points, distants de 80 kilomètres, les cataractes d'Assouan se trouveront entièrement noyées. La chute créée à Djebel-Selseleh étant rachetée par la dérivation éclusée, la navigation sera désormais assurée à travers la première cataracte et, par conséquent, jusqu'à la seconde, à Ouadi-Halfa. Mais, dit encore M. Jacquet, des résultats bien autrement importants pour la fortune de l'Égypte seront obtenus par l'emploi méthodique de l'immense réserve d'eau du lac de Koum-Ombos.

Il rappelle que l'Égypte souffre aussi bien des crues excessives que des crues insuffisantes. Le réservoir de Selseleh permettra d'atténuer les premières et de surélever les secondes. En effet, à l'annonce d'une crue excessive, à la fin de juin, on maintiendra le lac à son niveau inférieur pour rendre disponible toute la réserve de 7 milliards de mètres cubes, en laissant entièrement libre l'écoulement des eaux pendant la période de croissance du Nil, jusqu'au moment où la crue deviendra dangereuse pour les territoires inférieurs. A ce moment, on fermera progressivement les déversoirs. Le maximum des crues est de courte durée ; la retenue de 7 milliards de mètres cubes sera donc très efficace, puisqu'elle permettra de prélever près d'un tiers du plus grand débit du Nil, soit environ 4,000 mètres cubes par seconde pendant une vingtaine de jours.

Lorsque, au contraire, la crue s'annoncera comme insuffisante, on fera l'opération inverse. On commencera les retenues dès le mois de juillet de manière à amener le lac à son plein au moment du maximum insuffisant de la crue. On pourra alors déverser de 4 à 5 mille mètres cubes par seconde pendant plusieurs jours, même jusqu'à l'épuisement du lac et gonfler ainsi artificiellement la crue de façon à lui faire atteindre le niveau exigé par les cultures. Une fois ce résultat obtenu, on profitera des eaux encore élevées de l'automne pour remplir de nouveau le réservoir en vue de pourvoir aux besoins de la saison d'été.

Ce réservoir de Selseleh n'est pas seulement appelé à parer au danger des crues trop fortes ou trop faibles, il permettra de créer de nouveaux territoires de culture sans aucun dommage pour les riverains inférieurs dont la situation actuelle se trouvera au contraire améliorée par la régularisation des crues.

Un approvisionnement de 7 milliards de mètres cubes pourra, en effet, fournir 400 mètres cubes par seconde, c'est-à-dire une quantité d'eau équivalente au débit du Nil à l'étiage, pendant plus de 200 jours, soit pendant toute la période des basses eaux. La quantité d'eau nécessaire aux arrosages d'été étant de 20^{mc},3 par feddan, soit de 50 mètres cubes environ par hectare, M. Jacquet calcule, en portant cette quantité à 86 mètres ou à un litre par seconde, que ce débit de 400 mètres cubes permettrait la mise en culture de 400,000 hectares de terres, aujourd'hui stériles ou insuffisamment arrosées, c'est-à-dire la création d'une richesse qu'il n'évalue pas à moins de 2 milliards. Nous verrons plus loin qu'il convient de tenir compte, dans ce calcul, des pertes d'eau dues à diverses causes et notamment à l'évaporation. Mais, quelle que soit la réduction à apporter aux chiffres ci-dessus, la quantité d'eau restant disponible pour les irrigations permanentes sera toujours fort considérable.

M. Jacquet faisant, enfin l'application du fonctionnement du lac à des exemples de crues excessives, moyennes et insuffisantes montre, par des diagrammes, avec quelle prévoyance, pour ainsi dire mathématique, on pourra mettre en œuvre les immenses moyens d'action créés par ce seul barrage du Nil. Il explique notamment comment la grande crue de 1878, qui a causé de si terribles désastres, eût été transformée, par le jeu de la retenue de Selseleh, en une crue des plus favorables et comment, aussi, la crue absolument insuffisante de 1868 eût pu être amenée à des conditions normales.

Tels sont succinctement énoncés et dans leurs traits principaux, les avantages à attendre de la création du réservoir de Djebel-Selseleh.

M. Jacquet passe ensuite à l'examen des charges et dépenses de l'entreprise.

Il évalue le coût des ouvrages de Selseleh à cent millions de francs. Mais il ajoute que, pour apprécier complètement les conditions de cette entreprise, des études définitives sont indispensables.

Toutes les reconnaissances faites jusqu'à ce jour donnent la conviction que le programme tracé par M. de La Motte est réalisable et qu'il ne peut y avoir d'incertitude que sur l'importance des travaux et le chiffre des dépenses nécessaires à leur exécution. Toutefois, dit en terminant, M. Jacquet, les résultats à atteindre sont tellement considérables qu'ils seront toujours hors de proportions avec les dépenses.

VI

Nous nous sommes efforcé de résumer aussi clairement que possible les points essentiels de cet important travail.

Il nous reste maintenant à passer en revue les diverses objections qui ont été faites sur le fonctionnement du vaste appareil hydraulique projeté. Ces objections ont été fort bien relatées par M. Jules Gallois, ingénieur, attaché à la Direction des Travaux publics, en Égypte, dans le rapport qu'il a présenté l'année dernière, au Caire, à la Société des Ingénieurs de l'École centrale, au sujet des projets de M. de La Motte.

Cet ingénieur commence par établir l'importance de ces projets et en énumère les avantages. Il « n'hésite pas à considérer l'avenir de l'Égypte comme compromis » si l'on n'apporte pas remède à la situation actuelle. « Il n'est pas douteux, dit-il, que les étiages baissent d'année en année ; que le Nil tend de plus en plus à se transformer en torrent ; et que toute solution qui n'aura pas pour but de retenir les eaux, pendant la période croissante, pour les restituer, à volonté, en temps d'étiage, de façon à relever le plus possible le plan de cet étiage, ne sera qu'un remède empirique ; le désert continuera victorieusement son œuvre. »

Il résume ainsi qu'il suit les principaux avantages à attendre de la création du réservoir de Koum-Ombos : Ce réservoir permettra de garantir l'Égypte contre les crues exagérées du Nil et de la préserver

de la dévastation qui en est la conséquence ; de surélever les crues trop faibles qui enlèvent au sol son unique moyen de production ; de doubler presque le débit du Nil en temps d'étiage ; de rendre le Nil navigable jusqu'à la seconde cataracte ; de fournir un débit supplémentaire de 4 à 500 mètres cubes par seconde pour les besoins de terrains insuffisamment irrigués et pour la mise en culture de terres actuellement privées d'eau et sans valeur ; et, enfin, d'assurer la sécurité des digues « ce qui dispensera de la surveillance obligée, de jour et de nuit, quand on est dans la période de crue, surveillance malgré laquelle, presque chaque année, des portions de province sinon des provinces entières, sont ravagées par des inondations partielles dues à des ruptures de digues provenant le plus souvent d'une surélévation brusque et imprévue des eaux du fleuve, et non d'une crue excessive produisant une inondation désastreuse et générale. »

M. l'ingénieur Gallois ajoute que quelques-uns seulement de ces avantages suffiraient pour justifier l'exécution de l'œuvre et que « lorsqu'on aura reconnu que les résultats dus aux travaux exécutés à Djebel-Selseleh dépassent en avantages ceux sur lesquels on avait tout d'abord compté, et il n'est pas douteux que ces premiers travaux auront une suite et que tel que le comporte l'ensemble des conceptions de M. de La Motte, d'autres bassins seront successivement créés ; alors, on sera entièrement maître du Nil ; on disposera d'une réserve d'eau telle que le débit du fleuve pourra être entièrement réglé, pendant toute l'année, d'après les besoins des cultures et de la navigation. »

Passant aux objections faites, dont aucune ne porte, d'ailleurs, sur la possibilité d'exécution du réservoir de Selseleh, qu'il n'a jamais entendu mettre en doute par personne, M. Gallois dit que ces objections sont relatives aux déperditions des eaux retenues, soit par infiltration, soit par évaporation et à l'envahissement du bassin par le dépôt des limons des eaux emmagasinées.

M. Gallois estime que les infiltrations, si elles sont sensibles au début, seront bientôt arrêtées par le colmatage du sol, et qu'elles seront, au bout de peu d'années, sans aucune influence, sur le fonctionnement du bassin.

Les pertes dues à l'évaporation seront plus importantes. M. Gallois compte que l'évaporation, en Égypte, est, en moyenne, de 15 millimètres par jour, sauf pendant la période de février à mai où il ne

l'estime qu'à 10 millimètres. Cette évaluation nous paraît trop élevée; car elle correspond à une tranche d'eau annuelle de $4^m,80$; or, nous ne pensons pas que l'évaporation atteigne nulle part un pareil chiffre, tout au moins pour des étendues d'eau considérables et ayant une assez grande profondeur. Cependant, malgré une telle évaluation, M. Gallois arrive à cette conclusion que pour le remplissage d'automne dont la durée peut être évaluée à 60 jours, il suffira de tenir compte, dans les retenues journalières, des 1,260 millions de mètres cubes évaporés, de façon à les compenser et que pendant les quatre mois, de février à mai, où il se peut que le bassin ne doive plus rien prélever sur le débit du Nil, la perte d'évaporation de 1,680 millions de mètres cubes laissera 5,500 millions de mètres cubes permettant encore de doubler les débits d'étiage du Nil d'avril à juin, ce qui est un résultat très satisfaisant.

M. Gallois ajoute que, d'ailleurs, cette évaporation aura une influence bienfaisante à cause de l'humidité dont elle chargera l'atmosphère et conclut que « l'objection relative aux pertes ne présente rien de sérieux. »

Reste l'objection relative aux envasements.

Des dépôts de limon se feront assurément sur le fond du bassin; mais quelle sera leur importance? Ceux qui se font dans les bassins de culture, où l'eau séjourne de 40 à 90 jours, représentent une couche annuelle tellement mince que l'exhaussement qui en résulte peut être assimilé, dit M. Gallois, « à celui que subit le sol général de la basse Égypte qui est de onze millimètres par siècle. Pourquoi n'en serait-il pas de même pour le bassin de Koum-Ombos? »

M. Gallois fait un autre calcul. D'après les renseignements contenus dans un ouvrage publié par S. E. Ali-Pacha Moubarek, 1,134 mètres cubes d'eau du Nil, en pleine crue, déposent, par décantation complète, un mètre cube de limon, ce qui représente une couche de 0,88 millimètres par mètre d'épaisseur d'eau. Dans les conditions du bassin de Koum-Ombos, où existera toujours le courant du fleuve, l'eau n'y subira tout au plus qu'une demi-décantation, ce qui, pour une hauteur d'eau de 5 mètres, donnera une couche de 2 millimètres environ. Si l'on tient compte des deux remplissages du bassin, la couche annuelle totale sera de quatre millimètres. L'exhaussement du fond ne sera donc que de 40 centimètres en un siècle.

Nous en conclurons, avec M. Gallois, que ces envasements ne peu-

vent porter aucune atteinte aux services que l'on attend du réservoir de Koum-Ombos.

On a dit, enfin, que les eaux fournies par le bassin, étant moins riches en limon, seront moins favorables à la culture. Il suffit d'observer que cela arrivera seulement lorsque les crues seront insuffisantes et, n'envoyât-on, dans ce cas, que des eaux claires, cela vaudrait encore mieux que de ne pas irriguer du tout; mais qu'il n'en sera même pas ainsi, attendu que les eaux fournies par le bassin n'arriveront qu'à titre de supplément et mélangées avec les eaux du fleuve, à ce moment très chargées de limon.

Telles sont les objections qui ont été soulevées, au sujet du réservoir de Djebel-Selseleh et de son fonctionnement. On vient de voir qu'elles ont peu d'importance et que le projet conçu par M. de La Motte et étudié par M. Jacquet n'en est nullement atteint.

C'est déjà un grand point que ce projet soit, sous le rapport technique, à l'abri de la critique; mais il faut, à présent, se préoccuper des voies et moyens d'exécution et nous ne pouvons ici qu'exprimer le vœu que les négociations poursuivies, en ce moment, par M. de La Motte en France, en Angleterre et en Égypte aient une heureuse et prompte issue; car cette œuvre ne se recommande pas seulement par son énorme importance et par la grandeur exceptionnelle des intérêts qui y sont attachés, elle se distingue aussi par la nature même du problème à résoudre, dont la solution pourrait servir d'exemple et de point de départ pour des conceptions analogues dans d'autres pays.

VII

J'ai terminé, Messieurs, l'exposé que je me proposais de vous faire. Après quelques considérations sur les lois générales qui régissent le mouvement des eaux à la surface du sol et sur les transformations incessantes qu'elles lui font subir, j'ai tâché de vous donner une idée de la décadence progressive de l'Égypte, de ses causes, du régime du Nil, des modes d'arrosage et de culture et des problèmes qui se posent aujourd'hui pour l'amélioration et même pour le seul maintien de la situation actuelle de ce pays. J'ai essayé de démontrer que les difficultés de cette situation ne pouvaient pas être résolues par le seul perfectionnement des moyens employés jusqu'à présent pour utiliser

les eaux disponibles ; qu'elles provenaient de l'irrégularité des crues tantôt trop fortes, tantôt trop faibles, et de l'insuffisance des débits d'étiage ; qu'on ne pouvait, en conséquence, y remédier efficacement que par une modification du régime même du fleuve et que la solution proposée par M. de La Motte était la seule qui satisfît, dans le présent aussi bien que dans l'avenir, aux conditions complexes du problème à résoudre. Je vous ai dit, enfin, comment M. Jacquet, appréciant la justesse de cette solution, et venant l'appuyer de l'autorité de son expérience, en a, en quelque sorte, imposé l'adoption ou tout au moins le sérieux examen.

Quelle suite va donc être donnée à un tel projet ?

Depuis que les dernières études en ont été faites, l'Égypte a été le théâtre de graves événements. Faut-il y voir un obstacle à la réalisation de cette grande œuvre ? Cela ne semble pas à craindre.

Le Gouvernement Anglais a déjà apprécié l'importance capitale qui s'attache à tout ce qui concerne la question des eaux en Égypte, et Lord Dufferin l'a définie par ces deux mots : *La sécurité et l'eau.*

Il convient de rappeler ici que les Anglais ont accompli d'immenses travaux de ce genre dans les Indes. Ils ont, au moyen d'une dérivation du Gange, répandu le bienfait des irrigations sur une province de 4 millions d'hectares.

La magnifique mission confiée au colonel Scott Moncrieff, en Égypte, et la haute situation faite à cet éminent ingénieur dans la direction des travaux publics de ce pays, peuvent faire prévoir que le Gouvernement Britannique ne reculera pas devant la grandeur de la tâche qui lui incombe. Il s'agit, en effet, d'une œuvre glorieuse qui sera plus durable même que les pyramides, car elle aura pour résultat de ramener la prospérité, par la conquête scientifique du sol et des eaux, et les conquêtes de la science sont les seules que respectent le temps et les hommes. Cette œuvre est aujourd'hui entre les mains de l'ingénieur Moncrieff ; les noms qu'il inscrira peut-être, un jour, sur le granit de ses barrages vivront plus longtemps encore que ceux des Pharaons.

La situation nouvelle qui vient de se créer au Soudan, sous l'influence du Maahdi, ajoute, d'ailleurs, à ces grands projets, un intérêt plus pressant.

Nous avons vu, en effet, à quel écart précis dans les époques des crues des deux Nils était due la crue normale nécessaire à l'Égypte.

M. de La Motte en tire cette conclusion assez imprévue qu'avec un simple barrage, fait en amont de Khartoum sur le Nil blanc « on pourrait, chaque année, ruiner l'Égypte. » Il suffirait, dit-il dans sa dernière brochure sur « le Soudan, la Nubie et l'Égypte, » de retarder de quelques jours les eaux du Nil blanc pour empêcher la crue normale de se former.

Si la domination de ces hauts parages venait à être définitivement perdue, la création du lac de Selseleh deviendrait, pour l'Égypte, une véritable question de salut. Il conviendrait même, dans ce cas, de rechercher le moyen de créer d'autres réservoirs afin d'augmenter la provision d'eau.

M. de La Motte rappelle, en outre, qu'aucun établissement durable ne pourra se faire pour les races blanches, dans ces contrées torrides de l'Afrique centrale, sans que les conditions de la vie leur soient rendues possibles. Les populations noires seront toujours maîtresses des territoires qu'elles occupent tant qu'elles seules pourront y vivre.

La première œuvre à accomplir est donc de faire du désert une terre habitable en le transformant progressivement.

Quel que soit, Messieurs, l'avenir réservé à ces questions et, en particulier, au projet de création du réservoir de Djebel-Selseleh, j'ai pensé que la Société des Ingénieurs civils ne pouvait pas rester indifférente à l'étude d'un problème aussi considérable, et c'est ce qui m'a encouragé à vous en faire l'exposé.

Ce problème emprunte, d'ailleurs, un éclat particulier aux circonstances actuelles, à la grandeur des intérêts engagés, à la hardiesse de sa solution proposée et aussi à l'extraordinaire renommée du pays où il se pose.

L'Égypte, Messieurs, cette aïeule du monde, comme l'appelle M. Charles Edmond, dans son bel ouvrage sur l'Exposition universelle, l'Égypte était déjà vieille quand tout encore, autour d'elle, naissait à peine à la vie. A une époque où il n'était encore question ni de Babylone ni de Ninive, où notre Europe était plongée dans l'obscurité de la plus profonde barbarie, Memphis et les Pyramides existaient depuis vingt siècles et l'Égypte était dans le plein rayonnement de sa civilisation, de ses arts et de sa richesse.

Ce pays merveilleux, dont la splendeur nous éblouit encore à travers ses ruines gigantesques, monuments prodigieux qui, touchant aux origines du monde, paraissent défier l'avenir, colosses qui regardent

les siècles se succéder, témoins impassibles des changements du sol et des bouleversements humains ; ce pays, dont l'ancienneté retrouvée semble avoir reculé les âges de la terre, et où a dû naître la légende de l'homme tiré du limon ; ce pays, enfin, qui, après un tel passé, en est arrivé, par l'action lente des eaux aussi bien que par l'incurie et l'aveuglement des hommes, à la misère relative où nous le voyons aujourd'hui ; peut-être sera-t-il donné à l'Art de l'ingénieur de la faire revivre et de lui rendre une nouvelle prospérité ; car c'est un des glorieux privilèges de la science, de ce guide qui ne trompe jamais, de faire œuvre de réparation et d'apporter, enchaînées dans sa main, les forces de la nature pour les consacrer au service de l'Humanité.

NOTE

SUR L'ÉTAT ACTUEL

DE LA

MÉTALLURGIE DU FER ET DE L'ACIER

EN AUTRICHE-HONGRIE

PAR M. **BRESSON.**

Bien qu'un certain nombre d'établissements métallurgiques austro-hongrois aient été décrits à l'occasion de l'exposition universelle de 1878 et, plus récemment, lors du congrès de l'*Iron and Steel Institute*, tenu à Vienne en 1882, aucun travail d'ensemble sur les usines à fer et à acier de ce pays n'a été mis depuis longtemps sous les yeux du lecteur français.

Le moment actuel paraît assez convenable pour entreprendre cette étude. En effet, après une longue crise, provoquée par le crack financier de 1873 et qui n'a pas duré moins de sept années, une reprise incontestable s'est produite dans toute la monarchie, mais surtout en Hongrie, dont les richesses minérales étaient jusqu'à présent l'objet d'une exploitation moins active que pour la partie cisleithane de l'empire. D'autre part, de nouveau groupements d'usines, des fusions, dont la plus importante est celle opérée par la Société minière et métallurgique des Alpes autrichiennes, vulgairement appelée *l'Alpine*, fournissent, par les rapports annuels de ces sociétés, des données statistiques qui manquaient jusqu'à présent et permettent de mieux saisir les résultats déjà obtenus et ceux qu'on se propose d'obtenir à l'avenir dans les divers établissements.

Notre travail commencera donc par une description sommaire des

gîtes de minerais actuellement exploités; on étudiera ensuite dans le même ordre d'idées les sources de combustible (forêts, mines de lignite et de houille) qui alimentent les usines. Les hauts fourneaux, ateliers Bessemer et Martin-Siemens, ateliers de puddlage et de laminage seront ensuite examinés. Enfin nous consacrerons, en terminant, quelques pages aux ateliers de construction qui livrent à l'industrie le fer et l'acier à leur état le plus complet d'élaboration.

I

Minerais.

L'Autriche-Hongrie, étant un pays éminemment montagneux, doit, à priori, renfermer d'importantes richesses minérales. En fait, les deux grandes chaînes des Alpes et des Karpathes sont l'objet de nombreuses exploitations. La plus connue de toutes jusqu'à présent est celle de l'Erzberg de Styrie. Cette puissante montagne de fer carbonaté spathique, située entre les localités de Vordernberg et d'Eizenerz, a, depuis quelques années, ses gisements reliés, d'une part avec la grande ligne de Vienne à Trieste, par l'embranchement Vordernberg-Leoben-Bruck, long de 36 kilomètres, d'autre part avec les chemins de fer exploités par l'État autrichien (autrefois Rudolfsbahn) par la ligne de Eizenerz-Hieflau, longue de 15 kilomètres. Elle alimente depuis plusieurs centaines d'années les hauts fourneaux de Styrie et leur fournit des minerais dont la teneur, après grillage, est d'environ 50 pour 100, et qui se présentent dans des conditions de pureté et surtout de réductibilité particulièrement favorables. Exploités à ciel ouvert au moyen de chemins de fer à petite voie communiquant avec de nombreux plans inclinés, ils arrivent, après grillage, aux gueulards des hauts fourneaux, situés au pied même de la montagne, avec un prix de revient qui varie de 4 à 5 florins par tonne et fourniraient ainsi les éléments d'une industrie prospère, si, comme on le verra plus loin, la rareté de plus en plus grande du combustible végétal et le prix élevé du coke quand on se résigne à son emploi, ne venaient compenser d'une manière fâcheuse la bonne qualité et l'abondance des minerais.

L'Erzberg de Styrie est principalement exploité par la Compagnie des Alpes autrichiennes qui, en 1882, en a extrait 436,000 tonnes. Il y

a quelques années, les minerais de l'Erzberg alimentaient non seulement les usines de Styrie, mais ils fournissaient encore, malgré des frais de transport considérables, un fort contingent au lit de fusion des hauts fourneaux de Silésie et de Bohême, marchant en fonte Bessemer. La déphosphoration, ainsi que le développement pris par les exploitations de minerais riches et purs dans la région nord des Karpathes sont venus modifier cette situation et porter aux gisements du sud de la monarchie un coup dont les effets se feront de plus en plus sentir.

A 55 kilomètres environ au nord de la ville de Klagenfurt, capitale de la Carinthie, se rencontre un autre gîte portant aussi le nom d'Erzberg et qui joue, par rapport aux usines de cette province, le même rôle que l'Erzberg de Styrie pour les hauts fourneaux qui l'avoisinent. Exploité également aujourd'hui par la Société des Alpes autrichiennes, il a fourni, en 1882, plus de 110,000 tonnes de minerais spathiques et d'hématite brune d'excellente qualité. Si l'on ajoute aux chiffres de production ci-dessus indiqués ceux des mines d'Altenberg et de Bohnkogl, près de Neuberg (9,600 tonnes), de Gollrad et de Sollen, près de Mariazell (29,000 tonnes), exploitées également par l'Alpine, on arrive, pour la production actuelle de cette compagnie en minerai de fer, au chiffre de 585,000 tonnes. La production totale des deux provinces de Styrie et de Carinthie ayant été, en 1882, d'après les statistiques officielles, de 732,185 tonnes, on voit quelle place importante la nouvelle Société occupe dans l'industrie sidérurgique de ces contrées.

On ne saurait quitter la formation des régions alpestres sans mentionner les mines de fer manganésifère exploitées par la Société industrielle de Carniole (Krainische Industrie-Gesellschaft) à Vigunsica, non loin de la ville de Laibach. Ces minerais, dont la production annuelle est d'environ 5,000 tonnes, sont employés pour la production au haut fourneau de ferromanganèse dont la teneur peut atteindre 60 pour 100 et dont l'exposition universelle de Vienne, en 1873, présentait déjà plusieurs échantillons intéressants.

Nous passons maintenant à la chaîne des Karpathes qui, décrivant depuis Pressbourg jusqu'aux confins de la Roumanie une courbe dont la concavité est tournée vers le sud, renferme sur un grand nombre de points des minerais abondants et d'excellente qualité.

Parmi les dépôts de fer spathiques qu'on rencontre dans les comitats de Gömör, Zips, Abaúj, Torna, Sohl, Liptau et Szepes, nous signa-

lons d'une manière spéciale le riche gisement de Dobsau qui, atteignant sur certains points une puissance de 36 mètres, fournit, au moyen d'exploitations à ciel ouvert, un minerai renfermant de 36 à 41 pour 100 de fer et 2 à 4 pour 100 de manganèse. Le prolongement de ce gîte ne présente pas une moindre importance dans les vallées de Sajo et de Gölnitz ; mais c'est surtout dans le comitat de Zips que les exploitations se sont développées dans les dernières années par suite des livraisons aux hauts fourneaux de Moravie (usines de Witkowitz) et de la Silésie autrichienne et prussienne, en remplacement des minerais de Styrie qui les alimentaient précédemment.

Une autre formation, d'une importance au moins égale, se rencontre dans le comitat de Gömör ; c'est celle de Zelesnik, désignée, depuis peu, sous le nom de Vashégy (Erzberg en hongrois) et dont le point culminant domine de 300 mètres le fond de la vallée ; la galerie la plus basse, étant encore à 200 mètres au-dessus de cette vallée et ayant au-dessus d'elle une masse de minerais évaluée, après de nombreux travaux de recherche, à plus de 25 millions de tonnes, on se trouve ici, comme on le voit, en présence d'un gîte pour ainsi dire inépuisable. Les minerais sont des hématites brunes ayant une teneur moyenne de 46 pour 100. Leur prix de revient est d'environ 3 florins la tonne et on peut admettre qu'avec une production plus considérable que la production actuelle, ce prix de revient pourra s'abaisser notablement. Actuellement, le principal exploitant est la Société de Salgo-Tarjan-Rima-Murany, qui n'en a extrait, en 1882, que 36,500 tonnes.

A partir de Kronstadt, la chaîne des Karpathes se replie vers l'ouest et prend plus particulièrement le nom d'Alpes de Transylvanie ; on trouve encore une fois dans cette région, un peu au sud de la Maros, un gîte très puissant dont les ramifications s'étendent de l'est à l'ouest, sur une longueur de plus de 30 kilomètres. A Gyalar, aux portes de la ville hongroise de Vayda-Hunyad et à 30 kilomètres de la station de Déva du chemin de fer de Transylvanie, le gîte affleure avec une puissance d'au moins 100 mètres et y forme aussi comme une véritable montagne permettant une exploitation à ciel ouvert dans les meilleures conditions. Le minerai consiste en hématites brunes et rouges compactes, accompagnées d'une gangue facilement réductible, et dont la teneur varie de 40 à 50 pour 100 ; elles ont l'avantage d'être d'une grande pureté et d'être toujours accompagnées de manganèse

dont la teneur, sur certains points, s'élève jusqu'à 8 pour 100. On estime à 60 millions de tonnes la contenance de la portion du gîte appartenant à l'État hongrois. La Société métallurgique de Kronstadt, possédant en outre d'importantes concessions sur les mêmes gisements, on voit quel rôle important cette formation des Alpes transylvaines serait appelée à jouer dans le développement de la métallurgie hongroise, si là, comme en Styrie, la question de l'approvisionnement d'un combustible apte à la production de la fonte ne présentait de sérieuses difficultés [1].

Le massif montagneux qui nous occupe renferme, plus à l'ouest et au point où ses derniers contreforts s'étendent dans la plaine de la Theiss et du Danube, les mines de fer de Moravicza-Dognacska exploitées par la Société autrichienne-hongroise des chemins de fer de l'État. Les minerais, consistant principalement en fer magnétique, s'y présentent sous forme d'amas intercalés au contact de la syénite et du calcaire, et dont quelques-uns dressent aussi leur tête jusqu'aux points les plus élevés de la région. Ici toutefois, par suite d'une exploitation déjà ancienne, les travaux souterrains s'associent déjà aux exploitations à ciel ouvert qui se font au moyen de vastes entonnoirs du fond desquels les galeries à flanc de coteau amènent le minerai aux points les plus bas de la vallée. La production des minerais de Moravicza, Dognacska, etc., a été, en 1882, de 87,000 tonnes, et pourra être sans peine maintenue à ce chiffre pendant un grand nombre d'années. Les minerais ont une teneur variant de 50 à 60 pour 100, mais ils sont d'une réduction difficile et sont souvent accompagnés de gangues siliceuses et argileuses qui obligent à introduire une forte proportion de chaux dans le lit de fusion. Des notices très complètes publiées par la Société autrichienne-hongroise à l'occasion de l'exposition de 1878, fournissaient sur la composition et le mode d'exploitation de ces minerais de nombreux renseignements.

Toutes les formations décrites jusqu'à présent donnent des minerais propres à être transformés en acier par le procédé acide.

Il reste à dire un mot des mines de fer de Bohême auxquelles la déphosphoration est venue donner une nouvelle valeur. Le plus impor-

1. On trouvera des renseignements plus complets sur les mines de fer de Gyalar et des autres gisements hongrois, dans un intéressant travail, publié en 1876, par M. le professeur Kerpely (actuellement directeur général des usines de l'État hongrois à Budapest), sous le titre : *Eisensteine und Eisenerzeugnisse Ungarns.*

tant de ces gisements est celui que l'on rencontre à l'ouest de Prague, dans la région moyenne du terrain silurien où il forme une couche régulière reconnue sur plus de 15 kilomètres, dont la puissance varie de 6 à 20 mètres et qui, avec une direction à peu près est-ouest, plonge vers le sud avec une inclinaison variant de 35° à 60°.

Le minerai consiste en grains de structure oolithique dans une pâte également ferrugineuse et présente la plus grande analogie avec le minéral connu sous le nom de chamoisite. Il donne à l'analyse un résidu insoluble silicieux variant de 8 à 10 pour 100, une teneur en fer variant de 47 à 58 pour 100 ; l'acide phosphorique s'y rencontre dans la proportion de 1,35 à 2,50 pour 100. Comme on le verra plus loin, la présence d'une gangue siliceuse n'empêche point ces minerais d'être traités à Kladno par le procédé Thomas, et la Société métallurgique de Prague en a extrait à Nucic, où se trouvent actuellement les principales exploitations, 46,000 tonnes en 1882. La même formation est exploitée, mais seulement pour la production de fonte ordinaire, par la Société métallurgique de Bohême dont la consommation s'est élevée, en 1882, à 47,000 tonnes. Les indications précédentes sur le développement du gîte montrent que ces deux sociétés y trouveront, pendant bien des années encore, les matières premières nécessaires pour la marche de leurs hauts fourneaux.

II

Charbon de bois.

Comme les montagnes, ou plutôt en même temps que les montagnes, les forêts occupent sur la carte de la monarchie austro-hongroise une étendue considérable. Aussi, tandis que dans les autres pays de l'Europe, à l'exception de la Suède et de la Russie, l'emploi du charbon de bois dans les hauts fourneaux constitue une exception qui devient de plus en plus rare, on peut affirmer que la moitié au moins de la fonte est encore produite en Autriche-Hongrie au combustible végétal. La faible densité de la population, la pénurie des moyens de transport permet et justifie ici ce qui serait considéré avec raison, en d'autres circonstances et en d'autres lieux, comme un gaspillage. Il convient d'ajouter que la plupart des forêts sont, ou bien des forêts de hêtres

donnant un excellent bois de chauffage ou de carbonisation, mais peu propre à la construction ou à d'autres usages industriels, ou bien des forêts de bois résineux dont l'abondance est absolument hors de rapport avec toute autre utilisation.

Une autre particularité à signaler, c'est que la plupart des compagnies métallurgiques possèdent elles-mêmes de vastes étendues de forêts. Le tableau ci-dessous, dans lequel nous mettons en regard la surface forestière appartenant à quelques-unes des compagnies déjà citées, et la production correspondante en charbon de bois pour l'année 1882 fournira le meilleur commentaire aux faits énoncés ci-dessus :

N° d'ordre	NOM DES SOCIÉTÉS	SURFACE des forêts en hectares	PRODUCTION de charbon de bois en hectolitres
1	Société métallurgique des Alpes autrichiennes	170.000	3.377.000
2	Société industrielle de Carniole	32 000	488.000
3	Société de Salgo Tarjan-Rima Murany	18.000	653.000
4	Société Autrichienne-hongroise des chemins de fer de l'État	86.000	1.950.000

Voici donc quatre sociétés qui, à elles seules, produisent plus de 6 millions d'hectolitres de charbon de bois ! En y ajoutant la consommation faite par l'État hongrois dans les usines qu'il exploite lui-même et par quelques autres industriels en même temps grands propriétaires, tels que le duc de Cobourg (49,500 hectares), le comte Andrassy (19,500), les biens de fondation religieuse (58,433), on arriverait facilement à doubler ce chiffre et pourtant cette production est encore insuffisante. Ainsi l'Alpine a acheté, en 1882, plus de 2,207,500 hectolitres de charbon de bois qui, mis en sacs, ont souvent parcouru sur rails plusieurs centaines de kilomètres pour arriver à leur destination. En prenant comme poids moyen de l'hectolitre de charbon de bois provenant d'essences tendres, le poids de 20 kilogrammes, la consommation annuelle de cette compagnie n'a donc pas été inférieure à 112,000 tonnes de combustible végétal. C'est là, croyons-nous, un fait unique, et qui méritait d'être signalé.

Ces longs transports par chemin de fer, même lorsqu'ils sont faits avec toutes les précautions désirables, sont une cause de déchet nota-

blę. On préfère donc, là où les circonstances naturelles s'y prêtent, transporter le bois lui-même. C'est ici qu'il conviendrait de décrire les glissières sèches et humides qui suivent à perte de vue les vallées secondaires, et amènent les bois jusqu'au fond de la vallée principale où leur transport se continue ensuite par flottage. Les forestiers autrichiens excellent dans les constructions de ce genre; parmi les plus complètes, nous citerons ici celles de la Société autrichienne-hongroise des chemins de fer de l'État, destinées à fournir le charbon de bois aux usines de Resicza. Les exploitations forestières de Transylvanie donnent également à cet égard, plus d'un sujet d'études intéressantes, mais qui sortiraient du cadre de ce travail. La carbonisation se fait le plus ordinairement en meules circulaires dont la contenance varie beaucoup suivant l'emplacement où ces meules sont établies. En forêt, elles renferment de 40 à 100 stères et, dans ces conditions, la construction de la meule dure huit jours, la combustion huit autres jours et le refroidissement trois jours. Si le travail se fait sur des emplacements spéciaux (désignés en allemand par le nom de Lände) où les bois sont concentrés chaque année par centaines de mille stères, la dimension des meules peut atteindre jusqu'à 500 stères, et la durée du travail devient nécessairement plus considérable. On obtient, par stère 4 1/2 à 5 hectolitres pesant en moyenne 20 kilogrammes, ce qui correspond à un rendement de 22 pour 100 en poids et 48 pour 100 en volume. On peut admettre pour la région des Karpathes, où le hêtre est principalement employé, un prix de revient moyen, au lieu de production, de 25 kreutzer par hectolitre. En Styrie et en Carinthie, où les essences résineuses dominent, le prix de revient varie de 22 à 30 kreuzer. Ce serait pour l'ensemble de la monarchie, d'après les chiffres indiqués ci-dessus, un prix de revient en forêt de 20 à 25 francs la tonne, prix très modéré, mais qui subit souvent une majoration d'un tiers et même de moitié par suite du transport jusqu'au haut fourneau.

Nous terminerons ces quelques données relatives à la production du combustible végétal, en signalant deux innovations. La première consiste dans des expériences qui se font en ce moment sur les vastes domaines de l'archiduc Albrecht en Silésie, pour substituer à la carbonisation en meule, la carbonisation en vase clos permettant de recueillir les divers produits chimiques résultant de la distillation. L'idée n'est pas nouvelle, mais elle n'a pas eu, jusqu'à présent, en

Autriche-Hongrie, de conséquences pratiques pour la production en grand du charbon de bois métallurgique.

Le second fait intéressant que nous croyons devoir signaler est l'installation d'un chemin de fer aérien long de 30 kilomètres et destiné à amener le charbon de bois aux hauts fourneaux construits en ce moment par l'État hongrois à Vayda-Hunyad et dont il sera parlé plus loin. L'emploi de ces chemins de fer, dans lesquels des wagonnets de petites dimensions courent sur des câbles en fer, mus par des machines fixes échelonnées le long du parcours, tend à se répandre et ces installations paraissent devoir rendre des services dans un pays à sol fortement accidenté.

III

Houilles et lignites.

La situation de la monarchie austro-hongroise au point de vue du combustible minéral peut se résumer ainsi. Abondance de combustible de formation récente, mais rareté relative de combustible provenant du terrain houiller proprement dit et susceptible par suite d'être transformé en coke de qualité convenable pour les usages métallurgiques. Il n'y a d'exception à cette règle que pour la Bohême qui possède à la fois de riches gisements des deux natures, et la région située entre la Moravie et la Silésie autrichienne, où le bassin houiller d'Ostrau paraît destiné à devenir le grand centre d'approvisionnement de coke pour la plus grande partie de la monarchie.

Cette note devant se borner à l'étude des gisements de combustibles utilisés par les établissements métallurgiques, il convient donc de commencer par le bassin d'Ostrau dont les principaux exploitants sont le baron de Rothschild, l'archiduc Albert d'Autriche, le chemin de fer du Nord, les comtes Larisch et Wilczek. La formation houillère n'y renferme pas moins de 60 couches dont la puissance varie de $0^{m},30$ à 8 mètres et dont une vingtaine seulement sont exploitées. Ces exploitations sont surtout concentrées à Polnisch et Mährisch Ostrau, Karwin et Peterswald. La production, en 1882, s'est élevée à 2,600,000 tonnes et celle du coke a atteint 265,000 tonnes fabriquées dans plus de 300 fours de diverses constructions.

Bien que les charbons d'Ostrau, surtout ceux des couches du mur, s'agglomèrent facilement, la question du meilleur four à coke est toujours à l'étude dans ce bassin. Les fours anciens rentrent dans les types Haldy, Smet, Gobiet, en un mot procèdent du type belge diversement modifié ; un système de four actuellement en faveur est dû à l'ingénieur Ringel et a été décrit par A. M. Baling dans le n° 32 de l'année 1876 de l'*Œsterreichische Zeitschrift für Berg und Hüttenwesen;* pour les charbons les moins collants, on réduit les dimensions à 0m,30 de largeur, 1 mètre de hauteur et 6 mètres de longueur ; pour les houilles plus grasses, ces mêmes dimensions peuvent s'élever de 0m,40 à 0m,50, de 1m,80 à 2 mètres et de 7 à 9 mètres ; dans ces conditions, une charge de 3 à 5 tonnes se fait entre 24 et 30 heures et le rendement en coke est de 70 pour 100 dont 64 à 66 pour 100 en gros fragments.

Le désir de réduire autant que possible la teneur en cendres du coke qui, ordinairement, ne dépasse pas 8 pour 100, a conduit à donner un soin particulier au lavage des houilles d'Ostrau, bien qu'elles soient en général peu cendreuses. Le classement préalable est fait le plus ordinairement au moyen des cribles oscillants du système R. Sauer et P. Mayer, décrit par le dernier de ces inventeurs dans les numéros 30 à 32 de l'année 1879 et plus tard 49 et 50 de l'année 1880 de l'*Œsterreichische Zeitschrift*. Les charbons y sont classés en cinq catégories : le gros pour les fragments dépassant 100mm, la gaillette de 40 à 100mm, la noisette de 20 à 40mm, les fines de 10 à 20mm et enfin le poussier de 0 à 10mm. Une installation complète, dont la dépense d'établissement ne dépasse pas 5,000 florins, permet de traiter environ 500 tonnes en 10 heures.

De toutes les laveries employées, celle qui tend à se répandre le plus aujourd'hui est due à l'ingénieur A. Hamersky et a été décrite par lui dans le n° 19 de l'année 1882 de l'*Œsterreichische Zeitschrift* déjà plusieurs fois mentionnée.

Les houilles d'Ostrau sont employées à l'état cru par les laminoirs de Witkowitz et ceux de Teschen appartenant à l'archiduc Albert. Les cokes alimentent, outre les hauts fourneaux de ces deux établissements et plusieurs autres en Galicie et en Moravie, ceux de Schwechat, près de Vienne, et arrivent jusqu'à Kalan au fond de la Transylvanie, où, mélangés avec les lignites de Petroseny, ils sont employés dans un haut fourneau appartenant à la Société métallurgique de Kronstadt.

Nous passons maintenant à la description sommaire du plus grand bassin houiller de la Bohême, celui de Kladno, près de Prague, où l'exploitation d'une couche unique, dont la puissance varie de 3 à 11 mètres, mais se maintient le plus généralement entre 8 et 10 mètres, fournit dès à présent une extraction annuelle de plus de 1,500,000 tonnes. Les trois uniques exploitants sont la Société autrichienne-hongroise des chemins de fer de l'État, la Société du chemin de fer de Buschtehrad et la Société métallurgique de Prague qui, seule, possède des usines sur le bassin même. Les charbons de Kladno rentrent dans la catégorie des houilles maigres à longue flamme et ne donnent un coke passable que mélangés avec des houilles grasses appropriées. Pour réaliser ce mélange, l'usine de Kladno emploie les charbons de Gottesberg exploités près de Waldenburg, dans la basse Silésie prussienne.

L'emploi des charbons de Kladno dans les hauts fourneaux est donc très limité ; ils alimentent à l'état cru les forges et aciéries de la Société métallurgique de Prague, ainsi que les laminoirs de Libsic et de Bubna, près de Prague, spécialement affectés à la fabrication des fers marchands.

Dans l'ancienne formation houillère de la Bohême rentrent également le bassin de Miröschau avec une production annuelle de 238,000 tonnes, alimentant les deux fourneaux et les laminoirs de la Société métallurgique de Bohême à Königshof, les exploitations de Lititz, Nürschan, Wilkischen, et autres près de Pilsen représentant ensemble une extraction d'au moins 800,000 tonnes et fournissant le combustible à plusieurs hauts fourneaux isolés situés dans la région ouest de la province. En ajoutant à cette nomenclature le bassin houiller de Rossitz, en Moravie, dont la production a été, en 1882, d'environ 250,000 tonnes et qui alimente les hauts fourneaux et laminoirs des Sociétés de Rossitz et de Blansko, nous aurons indiqué les principales sources d'approvisionnement en vieille houille de la partie cisleithane de l'Empire.

Si nous portons maintenant nos regards vers la Hongrie, nous n'y rencontrons qu'une seule exploitation dans l'ancienne formation carbonifère ; c'est celle de Székul, près de Resicza, dont la production annuelle de 60,000 tonnes est principalement employée à la fabrication du coke fabriqué et consommé par l'usine du même nom. L'établissement possède aujourd'hui 60 fours belges. Ce sont actuellement les

seuls qui existent dans tous les pays de la couronne de Saint-Étienne !

A défaut du terrain carbonifère qui, comme on le voit, y manque presque entièrement, la Hongrie possède, dans la formation liasique, des dépôts de houille fort dignes d'intérêt. Les deux plus importants sont ceux de Fünfkirchen, exploité par la Société de navigation du Danube et de Steierdorf, appartenant à la Société autrichienne-hongroise des chemins de fer de l'État. Ce dernier gîte, dont la production annuelle est actuellement de 200,000 tonnes, fournit à la forge d'Anina, dépendant de la même Société, un combustible de qualité supérieure, présentant tous les caractères des houilles plus anciennes et pouvant même être transformé en coke, mais avec un plus faible rendement. Les houilles liasiques de Fünfkirchen se prêteraient également à la carbonisation, mais leur forte teneur en soufre éloigne de leur emploi les usines hongroises qui, sauf à Resicza, doivent choisir entre le charbon de bois ou les cokes de provenance cisleithane.

Les dépôts de lignites sont répartis, avons-nous dit, d'une manière assez uniforme sur toute la surface de la monarchie. C'est, toutefois, dans le nord de la Bohême que leur exploitation a pris un développement vraiment exceptionnel. Le bassin d'Aussig-Teplitz-Komotau produit, dès à présent, 6,500,000 tonnes d'un combustible qui, provenant de couches très voisines du sol, exploitées même souvent à ciel ouvert, et dont la puissance atteint parfois 40 mètres, permet de vendre le menu aux usines à des prix qui ne dépassent pas 1 franc la tonne. Si les Erzbergs de Styrie et de Carinthie étaient à proximité de ce bassin, au lieu d'en être séparés par une distance de 400 et 500 kilomètres, il y aurait là les éléments d'une puissante industrie métallurgique, car le coke, manquant seul, pourrait être amené d'Ostrau sans grands frais ; mais les minerais de fer sont rares dans la région, de sorte que la seule usine à fer et à acier qui profite jusqu'à présent d'une manière suivie de cette abondance de combustible, est celle de Teplitz, dont nous aurons plus loin l'occasion de signaler le développement.

Si les Alpes autrichiennes n'ont point de dépôts de lignites comparables à celui qui vient d'être rappelé ici, on rencontre néanmoins, en Styrie et en Carinthie, des exploitations susceptibles de faire face pendant de longues années aux besoins des usines installées dans ces provinces.

Nous citerons parmi ces mines : 1° celle de Seegraben, près de Leoben, qui, avec une production annuelle de 70,000 tonnes, alimente les usines de Neuberg, ainsi que les laminoirs du chemin de fer du sud de l'Autriche, à Gratz, et dont les produits, eu égard à leur excellente qualité, sont surtout recherchés pour les gazogènes des fours Siemens ; 2° celle de Köflach qui, avec une extraction de 120,000 tonnes environ, dessert les divers établissements groupés autour de Gratz ; 3° celle de Fohnsdorf, qui fournit déjà près de 350,000 tonnes par an et dont les usines réunies autour de Leoben sont tributaires. Ces trois exploitations appartiennent à l'Alpine, dont le rapport à l'assemblée générale de 1883 accuse une production totale de 623,000 tonnes, consommées pour la plus grande partie dans ses forges et laminoirs.

On a vu, au chapitre des minerais, que la chaîne des Karpathes renferme dans ses flancs de nombreux gîtes sidérifères ; c'est aussi dans les bassins tertiaires déposés sur ses versants méridionaux que les gîtes de lignites se rencontrent ; les usines ont donc ici l'avantage d'avoir, dans leur voisinage immédiat, le minerai et le combustible, et c'est là une des causes du développement rapide pris dans ces derniers temps par quelques-unes d'entre elles. Parmi les exploitations qui présentent un intérêt pour l'industrie métallurgique, il convient surtout d'indiquer : 1° celle de Salgo-Tarjan, dont la production a atteint, en 1882, près de 200,000 tonnes presque entièrement consommées par les usines du même nom ; 2° celle de Diosgyör, appartenant à l'État Hongrois, ainsi que l'usine située dans la même localité et dont la production, provenant tout entière de travaux en galerie, a dépassé, en 1882, le chiffre de 50,000 tonnes. Les lignites fournis par ces deux mines sont de qualité médiocre et on n'obtient avec eux les hautes températures nécessaires à la plupart des opérations métallurgiques qu'en les distillant pour utiliser leur gaz dans les fours Siemens. Ceux de Petrosény, situés beaucoup plus au sud-est, dans le voisinage du puissant gîte de minerais de fer de Gyalar, décrit précédemment, se distinguent, au contraire, aussi bien par l'importance de leur gisement que par leur remarquable qualité ; le gîte dans lequel la présence du combustible est reconnue sur une longueur de plus de 20 kilomètres, renferme 25 couches fournissant ensemble une puissance de 61 mètres. La couche n° 3 a, à elle seule, une puissance de 40 mètres. Les exploitants actuels, l'État Hongrois et la Société métallurgique de Kronstadt, extraient ensemble actuellement

environ 400,000 tonnes, dont une partie seulement est employée dans les usines qui leur appartiennent. Sauf le haut fourneau et la fabrique de fer de Kalan, ces établissements sont, jusqu'à présent, peu développés ; mais le jour où un procédé nouveau assurerait d'une manière pratique la transformation du minerai en fer ou en acier, sans l'emploi de coke, ou bien encore permettrait de fabriquer avec les lignites un coke métallurgique, cette région reculée de la Transylvanie deviendrait sans doute aussi le siège d'une industrie florissante.

IV

Hauts fourneaux

L'absence d'une statistique complète de l'industrie minérale ne nous permet pas d'indiquer ici la production totale de la monarchie austro-hongroise en fonte de diverses sortes, ainsi que le rapport exact entre le nombre des hauts fourneaux au bois et au coke participant à cette production.

En Hongrie, pour laquelle, grâce à une intéressante communication faite à l'Iron and Steel Institute en 1882, nous possédons des données certaines, il existait à cette date 63 hauts fourneaux dont 16 étaient hors feu. Sur ces 63 hauts fourneaux, représentant ensemble une production de 167,000 tonnes de fonte, un seul, construit à Resicza én 1878, marchait exclusivement au combustible minéral, et trois seulement (à Anina, Kalan et Theissholtz) marchaient avec un mélange de charbon de bois, soit avec du coke, soit avec des lignites, soit avec de la houille crue. Ajoutons qu'au point de vue technique, cette marche ne se recommande en aucune façon, mais peut être imposée par la difficulté de réunir en un même point des combustibles d'une seule espèce.

En Cisleithanie, les mines de houille de Bohême, de Moravie et de Silésie ont donné, comme on l'a vu au chapitre précédent, à la fabrication de la fonte au coke, une base sérieuse et profitable. Les hauts fourneaux au coke sont cependant en minorité; nous donnons la nomenclature des plus importants dans le tableau suivant, qui ne contient que ceux actuellement en feu.

NOM DE L'USINE	DÉSIGNATION DU PROPRIÉTAIRE	NOMBRE
Usine de Kladno	Société métallurgique de Prague	4
Usine Carl Emil sur la ligne de Prague à Pilsen	Société métallurgique de Bohême	2
Usine de Witkowitz	MM. de Rothschild et Cie	3
Société autrichienne-hongroise des Hauts Fourneaux près de Mährisch Ostrau.		2
Usine de Teschen (Silésie autrich.)	Archiduc Albert d'Autriche	2
Usine de Schwechat près de Vienne.	Société métallurgique des Alpes autrichiennes	2
	Total	15

Nous n'avons pu, avons-nous dit, établir pour la Cisleithanie le nombre des hauts fourneaux au bois en feu pendant 1882. L'Alpine en accuse à elle seule 29 avec une production totale de 143,200 tonnes. Parmi ceux de ces appareils, dont la production annuelle est la plus forte, on peut citer le n° 3 de Vordernberg avec 10,400 tonnes. Il en existe encore, par contre, avec une production de 2,000 tonnes, comme ceux de Mariazell, mais le chiffre moyen varie de 4,000 à 5,000 tonnes. Eu égard à la richesse et à la grande fusibilité des minerais styriens, ces chiffres supposent des dimensions bien faibles. Ainsi que le signalait M. de Tunner au meeting, déjà plusieurs fois mentionné, l'élan a manqué dans les dernières années pour les constructions nouvelles; nous ajouterons, comme une nouvelle preuve de cette stagnation fâcheuse, qu'il n'existe pas encore aujourd'hui, dans toute la région des Alpes autrichiennes, un seul haut fourneau muni d'appareils de chauffage de l'air fondés sur le principe de la régénération, bien que dans ces contrées où le combustible est rare par rapport aux minerais, l'usage de ces appareils doive être particulièrement avantageux.

Les hauts fourneaux au coke énumérés ci-dessus méritent d'attirer plus longtemps l'attention.

Nous résumons d'abord dans le tableau suivant les dimensions principales de trois d'entre eux qui comptent parmi les plus grands.

	RESICZA	SCHWECHAT	WITKOWITZ
Hauteur totale	20m,00	19m,00	19m,00
— du creuset	2m,00	2m,30	2m,20
— du ventre	7m,50	6m,90	7m,60
Diamètre du gueulard	4m.00	3m,85	3m,16
— du ventre	5m,50	5m,70	5m,20
— du creuset	2m,00	2m,25	2m,00

Comme on le voit, ces dimensions ne présentent que des variations assez faibles ; elles répondent à une production d'environ 50 tonnes en fonte grise et de 60 à 70 tonnes en fonte blanche avec des minerais d'une teneur comprise entre 45 et 50 pour 100. Ces minerais sont, pour la Société métallurgique de Bohême, la chamoisite et la limonite du gîte de Nucic, pour les usines de Witkowitz, en partie des minerais styriens, en partie des minerais spathiques de la haute Hongrie, pour le haut fourneau de Schwechat exclusivement, des minerais spathiques de l'Erzberg styrien, enfin, pour le haut fourneau de Resicza, les minerais magnétiques de Moravicza. Signalons, comme une particularité intéressante, l'emploi dans les lits de fusion de Witkowitz de pyrites grillées ayant servi à la fabrication de l'acide sulfurique et traitées par la voie humide en vue d'en extraire le cuivre et l'argent et de les transformer en même temps en un minerai utilisable. D'après les renseignements recueillis, la valeur du cuivre et de l'argent couvrirait les frais d'extraction, de sorte que l'oxyde de fer obtenu avec une teneur de 55 à 60 pour 100 et ne renfermant pas plus de 0,2 pour 100 de soufre constituerait une matière d'un emploi vraiment avantageux.

Comme nous l'avons indiqué plus haut, les appareils régénérateurs pour le chauffage de l'air sont encore très peu nombreux et appartiennent tous au type Whitwell. Le groupe de Witkowitz en compte 13, desservant 5 hauts fourneaux. Resicza dispose de 4 appareils pour son grand haut fourneau au coke et de 2 pour les 3 hauts fourneaux au bois. On peut indiquer à cette occasion que l'utilité des Whitwell, même pour des hauts fourneaux au bois de petite dimension, s'est immédiatement signalée par une augmentation de production de près de 20 pour 100, et que la qualité de la fonte Bessemer, fournie par ces hauts fourneaux a gagné encore à l'emploi de l'air à haute température.

Ces résultats ont déterminé la construction de quelques nouveaux appareils. L'État hongrois en établit en ce moment dans ses usines de Gyalar et de Theissholz dans les Karpathes ; en outre la société de Salgo Tarjan-Rima-Murany qui, comme nous l'avons dit, exploite également dans ces montagnes l'important gîte de fer de Zelesnik, construit en ce moment à Likör 2 grands hauts fourneaux au coke qui en seront également munis. Les appareils fonctionnant déjà ont un diamètre extérieur de 5 à 7 mètres, et une hauteur variant de 12 à 14 mètres. Ici, comme pour la plupart des appareils industriels, le progrès se mani-

feste par des dimensions de plus en plus considérables, et si nos renseignements sont exacts, les derniers cylindres construits à Witkowitz n'auraient pas moins de 18 mètres de hauteur, et 7 mètres de diamètre. Partout l'emploi des appareils Whitwell a donné des résultats satisfaisants. Cependant les appareils à tuyaux en fonte ont encore quelques défenseurs et ceux de l'usine de Kladno ont été récemment reconstruits avec l'espoir d'atteindre des températures de 600°, et par suite différant peu de celles obtenues dans les appareils en briques réfractaires.

La pression du vent, l'appareil de prise de gaz et le nombre et la dimension des tuyères dans les grands hauts fourneaux mentionnés ci-dessus sont tels qu'on les rencontre à peu près partout. A des volumes intérieurs de 300 mètres cubes, correspondent de 5 à 7 tuyères dont le diamètre varie de 10 à 15 millimètres. Il convient de signaler à Resicza l'emploi d'une tuyère à laitier d'un système analogue à la tuyère Lürmann. Bien que le grand excès de chaux que renferment les laitiers les rende réfractaires et paraisse devoir exiger dans certains cas le travail à poitrine ouverte, l'écoulement par la tuyère se fait sans difficultés.

Nous ne nous arrêterons pas à la description des diverses machines soufflantes ; il peut être toutefois intéressant d'indiquer que le vent est fourni aux 5 grands hauts fourneaux au coke de Schwechat, Witkowitz et Resicza par des machines à balancier du système Woolf ; ce type, choisi par trois constructeurs différents, paraît donc jouir d'une certaine préférence dans ces derniers temps ; la substitution de la tôle à la fonte, mettant le balancier à l'abri des ruptures, doit y avoir surtout contribué.

V

Ateliers Bessemer.

L'Autriche-Hongrie possédait à la fin de 1882 12 ateliers Bessemer, présentant ensemble un effectif de 34 cornues ; le tableau suivant en donne la nomenclature en suivant l'ordre de leur création.

Nº d'ordre	DÉSIGNATION de L'USINE	DATE de la mise en marche	NOMBRE ACTUEL de cornues	CAPACITÉ des cornues	DÉSIGNATION du PROPRIÉTAIRE
				kil.	
1	Turrach (Styrie)......	1863	2	2000	Prince Schwarzenberg.
2	Heft (Carinthie)......	1864	2	4500	Alpine.
3	Neuberg (Styrie)......	1865	2	4000	id.
4	Witkowitz (Moravie)...	1866	4	5000	MM. de Rothschild et Cie.
5	Resicza (Hongrie).....	1868	4	8000	Société autrichienne-hongroise des Chemins de fer de l'État.
6	Ternitz (basse Autriche)	1868	6	5000	Société des aciéries de Ternitz.
7	Zeltweg (Styrie)......	1871	2	7500	Alpine.
8	Teplitz (Bohême)......	1873	3	2 de 6500 1 de 7500	Société des laminoirs de Teplitz.
9	Kladno (Bohême).....	1875	3	5000	Société métallurgique de Prague.
10	Teschen (Silésie)......	1878	2	5000	Archiduc Albert.
11	Prévali (Carinthie)....	1879	2	5500	Alpine.
12	Diosgyör (Hongrie)....	1882	2	6000	État Hongrois.

Sur ces 12 aciéries, l'Autriche en compte 10 sur son territoire avec 28 cornues, tandis que la Hongrie en possède 2, présentant 6 convertisseurs.

L'usine de Gratz, qui possédait 2 convertisseurs construits en 1865, les a fait disparaître et s'est entièrement consacrée à la fabrication de l'acier sur sole. Elle ne figure donc plus sur la liste.

Nous n'avons pas d'observations à faire sur les ateliers nos 1 et 2. L'atelier de Neuberg s'est surtout consacré à la fabrication du produit de qualité supérieure, désigné sous le nom d'acier Bessemer raffiné. Pour l'obtenir, le contenu de la cornue est versé dans un four Martin, où il séjourne pendant plusieurs heures et reçoit au besoin certaines additions, avant d'être versé dans la poche de coulée. La production totale n'a pas dépassé 7,200 tonnes.

L'atelier Bessemer de Witkowitz (nº 4) est aujourd'hui un des plus importants de la monarchie et s'est signalé par la prompte application du procédé Thomas. Outre l'ancien atelier renfermant 2 convertisseurs. avec un roulement d'environ 26 charges de 5,000 kilogr. par jour, dans lequel l'opération acide est surtout pratiquée, on a construit récemment une nouvelle usine, dans laquelle on a cherché à séparer autant que possible les espaces réservés à la préparation des cornues et des poches de celui dans lequel se fait le démoulage et la manipulation des lingotières. L'atelier comprend 2 cornues en marche, 2 cornues de rechange, 2 fours Siemens pour la fusion de la fonte. Le spiegel est

fondu dans un four à reverbère ordinaire, dont les flammes perdues servent au réchauffage de la chaux introduite dans le convertisseur. Le principe de la régénération de la chaleur est également appliqué pour la cuisson des cornues fraîchement garnies de leurs fonds mobiles et des poches de coulée.

On a préféré, pour la manœuvre des cornues, employer une petite machine à vapeur agissant directement sur elles. Tous les autres appareils élévateurs, grues de démoulage, etc., sont mus par la pression hydraulique.

Le transport de la fonte liquide du haut fourneau à la cornue, et celui de l'acier sortant de la cornue, à la fosse de coulée, se fait au moyen de petites locomotives.

La charge de fonte est de 5,500 kilog.; on ajoute 800 kilog. de chaux et 200 kilog. de spiegel dans le travail pour acier pour rails. Le nombre de charges par vingt-quatre heures varie de 20 à 24. Le garnissage des cornues résiste à 40 ou 50 charges, tandis que les fonds doivent être renouvelés en moyenne après 15 opérations. Les scories sont rechargées au haut fourneau en vue d'augmenter la teneur en phosphore du lit de fusion, bien que leur teneur en silice assez considérable et leur tendance à se déliter, occasionnent des dépôts de poussière dans les conduites de gaz et les appareils à air chaud.

Les lingots sont principalement employés pour la fabrication des rails et des tôles qui se signalent par leur douceur et leur homogénéité et sont recherchés à bon droit par les ateliers de construction.

Les ateliers Bessemer de Resicza comprennent 4 cornues de 8 tonnes et 2 fours Siemens pour la refonte, bien que la marche en première fusion soit la règle ordinaire. Les minerais de Moravicza et de Dognacska, possédant, comme on l'a vu, toutes les qualités nécessaires pour une excellente fabrication par les anciens procédés, les installations des cornues et des appareils de coulée, tout en étant faites de la manière la plus rationnelle, ne présentent rien de nouveau à signaler. En 1880 l'usine a été dotée d'une nouvelle machine soufflante horizontale et à cylindres conjugués. Les dimensions des cylindres à vapeur et à vent (1^m,33 et 1^m,57 de diamètre) ainsi que leur course commune (1^m,57) montrent qu'on a tenu à disposer d'un des appareils les plus puissants qui existent jusqu'à aujourd'hui. La machine a été calculée pour faire 25 à 30 tours par minute, en comprimant l'air à 2 atmosphères. Elle est mu-

nie d'un condenseur spécial du système Horn et développe, en faisant 30 tours par minute, une force effective de 1000 chevaux. Signalons encore que la vapeur lui est fournie en partie par 2 chaudières Belleville de 100 chevaux, installées à la même époque, et qui, jusqu'à présent, ont marché d'une manière très satisfaisante.

Les ateliers de Resicza livrent des aciers pour rails, bandages, essieux, tôles, etc. La qualité de leurs produits, démontrée par de nombreux essais de toute sorte, avait vivement attiré l'attention des ingénieurs, lors de l'exposition de 1878.

L'usine de Ternitz (n° 6) exclusivement vouée à la marche en seconde fusion et ne disposant que de matières premières étrangères, a vu sa production décroître rapidement depuis quelques années. Le développement pris par la déphosphoration en Moravie et en Bohême ne paraît pas devoir modifier cette situation, et les installations y sont restées à peu près stationnaires depuis 1868, époque de la construction. On peut en dire autant des ateliers de Zeltweg et de Prévali, qui se sont aussi ressentis des difficultés contre lesquelles la métallurgie styrienne a eu et aura de plus en plus à lutter.

En arrivant à l'atelier Bessemer de Teplitz, nous trouvons au contraire un établissement qui, favorisé, il est vrai, par des circonstances éminemment propices, a pris un rapide développement Le directeur de cette aciérie présentait au *Meeting de l'Iron and Steel institute de* 1882, un mémoire intitulé : *De la production des rails d'acier à Teplitz, au moyen des lignites*, et c'est en effet à ce combustible, dont la tonne lui coûte 2 francs tout au plus pour le gros, et de 0 fr. 60 à 1 franc pour le menu que l'usine doit sa prospérité. Beaucoup moins bien douée sous le rapport des fontes, elle a trouvé une solution heureuse dans le traitement par la déphosphoration de fontes étrangères. Il existe en effet dans la partie sud du Hanovre un groupe de hauts fourneaux dont le nom est jusqu'à présent peu connu, bien que leur production dépasse annuellement 100,000 tonnes. La fonte d'Ilsede revenant à l'usine à 25 marks et contenant 2,20 de phosphore, 0,05 de silicium, 3,00 de carbone et 2,53 de manganèse, avec de faibles traces de soufre et de cuivre, est, comme on le voit, une fonte en quelque sorte prédestinée au traitement basique dans le convertisseur, et l'usine de Teplitz a su utiliser cette circonstance, en s'assurant l'usage de cette fonte par des marchés importants. Toutefois la Société des hauts fourneaux d'Ilsede, mettant en ce moment en marche un atelier Bessemer de

6 cornues, muni de tous les perfectionnements les plus nouveaux et une forge très puissante pour le traitement des lingots, l'usine de Teplitz ne pourra peut-être pas profiter longtemps de l'excédent de production des fontes allemandes.

Le travail de la déphosphoration à l'usine de Teplitz a été décrit avec détails par M. le professeur Ehrenwerth de Leoben, dans le n° 40 de l'année 1881 de l'*Œsterreichische Zeitschrift für Berg und Hütten wesen*. Nous nous bornerons donc à donner ici quelques indications récentes sur la marche de cet atelier. On y fait actuellement dans 3 convertisseurs et avec 5 fours Siemens pour la refonte et 1 four à reverbère ordinaire pour le spiegel, environ 20 charges de 6,500 kilog. par vingt-quatre heures. Les additions sont de 600 kilog, pour la chaux et de 370 kilog. pour le spiegel. Les lingots étaient jusqu'à présent exclusivement coulés pour rails, mais les laminoirs à tôles commencent à demander des lingots à l'usine qui, encouragée par ces demandes, vient de décider la construction d'une importante tôlerie.

A côté de Teplitz vient se placer comme situation géographique, date de construction et aussi mode de travail, l'usine de Kladno. Ce sont les minerais de Nucic, traités dans les hauts fourneaux de l'usine qui servent ici de base à l'emploi du procédé Thomas, et comme témoignage des succès obtenus, les administrateurs de l'établissement offraient à l'inventeur, lors du meeting de 1882 déjà mentionné, une riche cassette faite de leur métal déphosphoré. L'atelier comprend 3 cornues, disposées sur un demi-cercle. La fosse de coulée, au lieu d'être circulaire, consiste en un canal dans lequel les lingotières, posées sur des chariots, viennent successivement se placer sous la poche qui reste fixe, et sortent enfin complètement de l'atelier pour être démoulées. On peut signaler encore ici une disposition permettant de constater le poids pendant la coulée même et d'arriver ainsi pour ce poids à une exactitude à peu près complète. L'acier produit est presque exclusivement employé à la fabrication des rails.

Nous mentionnons seulement en passant l'atelier de Teschen, pour arriver à celui de Diosgyör, mis en marche depuis quelques mois seulement. Cet atelier, exploité par la direction générale des chemins de fer de l'État, est une propriété du gouvernement hongrois et traite en seconde fusion des fontes acides provenant surtout des hauts fourneaux de la région nord des Karpathes. La refonte se fait dans 4 fours Siemens, dont la sole a $2^{m},60$ de longueur sur $1^{m},40$ de lar-

geur et dont la contenance est de 6,000 kilogr. L'atelier dispose de 2 cornues ; la coulée se fait par une disposition semblable à celle de l'usine de Kladno. Enfin la machine soufflante est horizontale comme la nouvelle machine de Resicza, mais avec des dimensions moins considérables.

Comme le montre cette rapide revue, sur 12 usines, 3 (Witkowitz, Teplitz et Kladno) comptant parmi les plus importantes, emploient le procédé Thomas-Gilchrist avec un succès complet, 3 (Ternitz, Teplitz, Diosgyör) marchent exclusivement en deuxième fusion, tandis que les 9 autres, tout en possédant les appareils nécessaires pour la refonte, peuvent également s'alimenter directement au haut fourneau. L'appareil de fusion presque exclusivement en usage est le four Siemens, ce qui s'explique par l'abondance des lignites employés avantageusement sur les grilles des générateurs, tandis que le coke est souvent coûteux, et, par son contact dans le cubilot, n'améliore pas la qualité du métal.

VI

Fours Siemens-Martin

La fabrication, ou plutôt la refonte de l'acier sur sole s'est moins promptement répandue en Autriche-Hongrie que celle du Bessemer. L'excellente qualité des fontes traitées par ce dernier procédé réduisant les déchets et les rebuts à un chiffre minime, on trouvait plus simple de les repasser dans la cornue, d'autant plus que la production du gaz nécessaire ne paraissait possible qu'avec des houilles de premier choix. Cette situation s'est modifiée lorsqu'on a reconnu que les lignites fournissaient des gaz ayant toutes les qualités requises pour obtenir les plus hautes températures, et l'exemple donné d'abord par l'usine de Gratz a été promptement suivi. On fait aujourd'hui de l'acier Siemens-Martin à Gratz, à Neuberg et à Donawitz en Styrie, à Resicza et à Diosgyör en Hongrie ; nous n'indiquons pas le nombre de fours de ces usines, ni le chiffre de leur production, parce que, dans certains cas, ces appareils étant utilisés également pour refondre la fonte destinée aux cornues Bessemer, cette statistique ne présenterait qu'une exactitude insuffisante.

L'usine de Gratz est, sans contredit la plus importante, quant à la production de l'acier Siemens-Martin, de toutes celles que nous venons de nommer; elle possède 2 fours de construction déjà ancienne dont la charge est de 6 tonnes et 2 fours plus récents et de dimensions beaucoup plus grandes dans lesquels le poids traité par opération s'élève à 12 tonnes environ; le nombre de ces opérations par vingt-quatre heures varie dans les deux cas de 2 à 2 1/2.

Comme on sait, l'arrivée de l'air et des gaz peut se faire dans les fours Siemens, soit par un certain nombre de carneaux alternants, soit par une ouverture unique pour chacun des deux éléments de la combustion, comme c'est le cas en particulier dans le four Pernot. On attache une grande importance à l'usine de Gratz à l'emploi du second système et on lui attribue une influence notable sur la conservation des voûtes, avec lesquelles on peut actuellement faire jusqu'à 600 charges sans réparations.

Le combustible employé à Gratz est le lignite de Köflach et la consommation par tonne de lingots produits est d'environ 1 000 kilogr.

Pour refondre de vieux rails phosphoreux, un des deux fours de petite dimension a été reconstruit avec un garnissage basique; on a pris pour la sole un mélange de goudron et de sable dolomitique, tandis que le cordon établissant la transition entre les pieds droits basiques et la voûte acide a été fait en fer chromé. Les produits ont été de qualité satisfaisante, mais la conservation du four laisse encore à désirer.

L'usine de Neuberg possède trois fours Martin de 5 tonnes, celle de Diosgyör 2 fours de même capacité; dans cette dernière usine la consommation de lignites exploités dans le voisinage est d'environ 2000 kilogrammes par tonne d'acier produit. A Resicza, au contraire, où la charge des fours est de 7 tonnes et où les générateurs sont uniquement chargés avec de la gaillette de Doman et de Szekul, la consommation ne dépasse pas 750 kilogrammes. Partout la perte au feu varie de 4 à 5 pour 100.

Nous aurions à fournir ici, pour compléter les renseignements relatifs à la fabrication des aciers bruts, quelques données sur les établissements très clairsemés qui fondent encore aujourd'hui l'acier au creuset. On les rencontre surtout en Styrie, où l'usine de Kapfenberg occupe le premier rang. Pour la fabrication de marques tout à fait

supérieures, l'acier au creuset présente encore certainement une supériorité reconnue, mais il entre pour un chiffre bien faible dans l'ensemble de la production métallurgique.

VII

Forges et Laminoirs

Puddlage. — La rareté de la houille, l'abondance du bois et des lignites ont conduit un certain nombre de forges austro-hongroises à employer le puddlage au gaz, dont les résultats sont aujourd'hui très satisfaisants. C'est l'usine de Salgo-Tarjan qui, arrivant difficilement à obtenir dans ses fours à puddler la chaleur nécessaire avec les lignites de médiocre qualité dont elle disposait, a donné, dès 1877 l'exemple de cette transformation. Cet établissement a actuellement en marche 10 fours doubles construits en fer à cheval d'après le système breveté de M. le directeur Borbély et auxquels le gaz est fourni par 3 batteries de 11 générateurs. Une équipe de 5 ouvriers y fait en douze heures 7 charges de 600 kilogrammes avec une perte au feu de 3 pour 100 et une consommation de 1100 kilogrammes aux générateurs et de 880 kilogrammes aux chaudières par tonne de millbars produits. La faiblesse du déchet tient à l'emploi d'oxydes de fer pour le garnissage de la sole et des parois. La dépense relativement considérable de combustible est la conséquence de sa mauvaise qualité.

L'usine d'Ozd, appartenant à la même compagnie, possède 11 fours à puddler également au gaz, alimentés par 36 générateurs et travaillant à peu près dans les mêmes conditions que ceux de Tarjan. La production des deux usines réunies peut s'élever à environ 35,000 tonnes de millbars par an, ce qui leur attribue une des premières places non seulement parmi les ateliers de puddlage de Hongrie, mais parmi ceux de la monarchie tout entière.

Nous citerons comme type d'usine faisant le puddlage au gaz en employant le bois comme combustible, celle de Brezova appartenant à l'État hongrois où fonctionnent depuis 1879 5 fours doubles, faisant en douze heures au moins 6 charges de 550 kilogrammes, avec

une dépense en combustible d'environ 0^{mc},300 de bois de hêtre, tandis qu'elle était auparavant de 0^{mc},600 à 0^{mc},700.

Le déchet y est aussi très faible et, dans le travail pour fer nerveux, varie de 0 à 1,5 pour 100. C'est dans des conditions de marche analogues que se trouvent les usines de Ferdinandsberg, de Kudsir et de Bujakova, également situées dans les Karpathes et possédant la première cinq, chacune des deux autres deux fours doubles à puddler.

En Styrie, bien que les lignites soient aussi le combustible ordinaire, l'emploi des gazogènes s'est moins répandu. Les fours sont ordinairement munis de grilles à gradins de grandes dimensions. La consommation par tonne de produits s'élève avec des lignites de moindre qualité, comme ceux de Köflach, jusqu'à 2,000 kilogrammes, tandis qu'elle descend à 1,200 pour les lignites de Leoben et leurs similaires. Le nombre des charges de 300 kilogrammes varie par douze heures de 12 à 13 avec un déchet de 8 à 10 pour 100. Inutile d'ajouter que les produits continuent à justifier la bonne réputation des marques styriennes.

Le puddlage à la houille dans les forges de Moravie et de Bohême ne présente rien qui mérite d'être particulièrement signalé. Dans les installations récentes, on emploie volontiers, pour le cinglage, des pilons à double effet de manière à augmenter le nombre des coups donnés par minute, ainsi que leur intensité. Nulle part le travail ne se fait mécaniquement dans le four même et les essais faits avec les appareils Lemut, Dormoy, etc., ont été promptement abandonnés.

Fabrication des tôles. — Les usines les plus réputées pour la fabricatiou des tôles sont celles de Neuberg et de Pichling en Styrie, de Witkowitz en Moravie, de Resicza en Hongrie. L'usine de Nadasd, appartenant à la Société de Salgo-Tarjan-Rima-Murany vient de faire ses débuts dans cette fabrication, que l'usine de Teplitz doit également prochainement mettre en marche pour donner un nouvel emploi à son métal déphosphoré.

L'installation de Neuberg paraît être jusqu'à présent la plus complète. Les cylindres du laminoir présentant une longueur de table de 2^{m},530 et un diamètre de 800 millimètres sont mis en mouvement par une machine réversible à deux cylindres conjugués de 550 chevaux. Le nombre de tours par minute varie de 40 à 50 et le poids de

la pièce laminée peut s'élever à 2,400 kilogrammes pour le fer et 3,500 kilogrammes pour l'acier. Les lingots sont, sauf le cas de dimensions exceptionnelles, laminés directement sans martelage préalable; l'ensemble des déchets divers varie de 25 à 30 pour 100.

Tandis que le laminoir de Neuberg est surtout consacré à la fabrication des tôles d'acier, celui de Pichling, appartenant à la même Société (Alpine) fournit surtout les tôles en fer pour chaudières et les longerons de locomotives. Les cylindres, un peu plus faibles que ceux de Neuberg, sont longs de 1m,80, avec un diamètre de 632 millimètres et sont mus, avec une vitesse de 45 tours par minute, par une machine à deux cylindres de 1 mètre de diamètre et 1m,20 de course, faisant elle-même 120 tours. Par une disposition analogue à celle de Resicza, cette machine commande du côté opposé au train de tôle, un laminoir universel permettant le laminage des fers plats d'une largeur pouvant aller jusqu'à 700 millimètres.

Avec les appareils décrits, ces deux établissements peuvent fournir aisément des tôles de deux mètres de largeur avec des longueurs de 15 à 20 mètres; les constructeurs se contenteront-ils longtemps de ces dimensions? Il est permis d'en douter, et les tôleries nouvelles qui se construisent en Allemagne prenant leurs dispositions pour pouvoir livrer facilement des largeurs de 2m,50 et même de 3m,00, les usines autrichiennes seront peut-être obligées de suivre cet exemple, bien qu'au delà d'une certaine limite les difficultés résultant de la manutention de pièces aussi lourdes diminuent dans une notable mesure l'avantage provenant de la réduction du nombre des rivets.

Rails. — Toutes les aciéries que nous avons citées aux chapitres V et VI, sauf celles de Ternitz et de Neuberg, emploient la plus grande partie de leurs lingots au laminage des rails, ce qui porte à dix le nombre des usines affectées à cette fabrication. La production totale des rails d'acier en 1882 pouvant être évaluée à 135,000 tonnes, on arriverait en moyenne, par usine, à la faible production de 13,500 tonnes. En fait Resicza qui a notoirement occupé le premier rang n'a pas fait plus de 25,000 tonnes et pour les autres établissements 15,000 tonnes est déjà un gros chiffre de production.

Plusieurs usines travaillent en ce moment soit à la reconstruction complète de leur train de rails (Witkowitz avec une nouvelle machine de 1,000 chevaux), soit au soulagement du train finisseur, par l'adjonc-

tion d'un dégrossisseur (Diosgyör); mais sauf à Resicza et à Teplitz, les installations actuelles sont insuffisantes, et ne permettent le laminage qu'à simple longueur, ce qui réduit forcément la production journalière, tout en augmentant l'importance des déchets.

Les appareils de réchauffage des lingots ne présentent rien de particulier, si ce n'est qu'à Witkowitz le système Gjers vient d'être installé tout récemment et donne des résultats satisfaisants. A l'usine de Gratz les fours, dont la sole a jusqu'à 8 mètres de long, sont munis de gazogènes Bicheroux.

Le laminoir de Resicza a été reconstruit en 1875 sous forme d'un trio à trois cages, la première servant au dégrossissage du lingot par dix passages en huit cannelures, les deux dernières au profilage par un nombre de passages variant de 13 à 19, suivant le profil à laminer. Le diamètre des cylindres est de 700 millimètres; ils sont animés d'une vitesse moyenne de 40 à 45 tours au dégrossissage et de 65 à 70 tours au finissage, par une machine horizontale à un seul cylindre de $1^m,10$ de diamètre et $1^m,57$ de course, actionnant un volant de 40 tonnes et fournissant, dans les conditions indiquées ci-dessus, une force de 600 chevaux. Le laminage d'une barre pour deux rails de 9 mètres se fait en une seule chaude et le rail fini est conduit à la scie circulaire par des rouleaux placés au niveau du sol et mis en mouvement au moyen de la machine-motrice de la scie elle-même. L'atelier d'ajustage, se trouvant dans le prolongement de ces appareils, le rail suit une ligne droite depuis le four à réchauffer jusqu'à la plaque de réception.

L'usine de Teplitz possède au contraire un laminoir réversible mù par une machine horizontale à un cylindre de $0^m,94$ de diamètre et $1^m,15$ de course. La vitesse est de 80 tours par minute et la force de la machine est évaluée à 900 chevaux. Les barres pour deux rails passent en une seule chaude par 19 cannelures et sont manœuvrées pendant le laminage par des rouleaux, mis en mouvement par la machine motrice du train. Grâce à cette disposition le laminage est rapide et la production peut s'élever à 400 rails par 12 heures. La mise au mille est indiquée comme étant de 117 et la consommation de charbon de 900 kilogrammes par tonne de produits dont 320 kilogrammes dans les fours et 580 kilogrammes sous les chaudières, ces combustibles étant, comme on sait, du menu lignite de bonne qualité.

Les compagnies de chemin de fer demandent actuellement des rails

dont la longueur varie de 7 à 9 mètres et dont le poids est compris entre 30 et 35 kilogrammes par mètre courant. La réception est précédée : 1° d'épreuves au choc, au moyen d'un mouton dont le poids varie de 300 à 500 kilogrammes tombant d'une hauteur de 4m,50 à 8 mètres sur un rail dont les supports sont écartés d'un mètre le plus souvent; 2° d'épreuves à la flexion sous une pression variant de 13,000 kilog. à 17,000 kilog. sans déformation et de 27,500 à 40,000 kilogrammes sans rupture, les appuis étant écartés de un mètre; enfin des éprouvettes longues de 200 millimètres avec un diamètre de 20 millimètres sont prises dans la tête du rail et doivent présenter une résistance à la rupture dépassant 50 kilogrammes avec 20 pour 100 de contraction de la section rompue. Ces indications s'appliquent au rail Vignole en acier, le seul qui soit actuellement employé par les chemins de fer Austro-Hongrois.

Il peut être intéressant de signaler ici d'une manière générale qu'en Allemagne et en Autriche dans les épreuves de cette nature la contraction de la section de rupture remplace la mesure de l'allongement de l'éprouvette usitée en France, en pareil cas.

Bandages. — Le nombre des usines installées pour la fabrication des bandages en acier sans soudure est encore restreint. Nous n'avons à citer que Ternitz, Neuberg, Zeltweg, Witkowitz, et Teschen en Cisleithanie, et Resicza seulement en Hongrie. Chacun de ces établissements pouvant en livrer de 2,000 à 3,000 tonnes, ils suffisent pour faire face à tous les besoins de la monarchie.

Le principe de la fabrication diffère peu d'une usine à l'autre. L'aciérie fournit à la forge des troncs de cône dont les dimensions sont, à Resicza, par exemple, 0m,300 de diamètre à la base inférieure, 0m,240 à la base supérieure et 0m,600 de hauteur. Ces lingots sont travaillés sous toutes les faces, aplatis et percés sous un marteau aussi pesant que possible (17 tonnes à Resicza) puis bigornés et enfin amenés au laminoir. Les laminoirs sont le plus ordinairement du type désigné en allemand sous le nom de Kopfwalzwerk dans lequel le laminage du bandage posé à plat se fait dans une cannelure unique dont la section varie au moyen de pressions hydrauliques exercées sur un des cylindres.

Le travail ainsi produit est très satisfaisant et les bandages sortant du laminoir ont à peine besoin de passer sur la machine à centrer.

Généralités sur les forges. — Notre programme nous conduirait maintenant à examiner la fabrication de toute la série des fers marchands et façonnés dans les nombreux établissements qui s'en occupent. Cette nomenclature ne laisserait pas que d'être monotone et il nous paraît préférable de la remplacer par quelques renseignements généraux.

En Autriche, comme partout, l'économie s'impose d'une manière impérieuse; une de ses manifestations consiste dans l'emploi de plus en plus approprié des vieilles matières et des vieux rails en particulier.

Les fabricants savent parfaitement aujourd'hui distinguer les bonnes marques des mauvaises; pour les premières, la tête séparée du reste du rail sert à faire les petits ronds et même le fil de fer, tandis que l'âme et le patin sont transformés en divers échantillons en réduisant autant que possible les dépenses du nouveau profilage. Pour la fabrication des fers à I et en U, des éclisses et des plaques de joint, les paquets sont composés de rails entiers choisis parmi les marques inférieures et on évite autant que possible l'emploi de couvertes séparées. Grâce à ces procédés, ces divers articles dont les prix étaient autrefois bien supérieurs à ceux des produits similaires de France, de Belgique et d'Allemagne, sont fournis aujourd'hui à des conditions analogues à celles des autres pays.

La production de la vapeur dans les chaudières et la dépense de cette vapeur dans les cylindres des machines motrices constitue dans les forges un des éléments importants du prix de revient. En Autriche-Hongrie il y a encore à cet égard bien des améliorations à introduire. Les chaudières sont le plus souvent de construction ancienne, travaillent à basse pression et donnent de la vapeur humide. Les machines motrices marchent avec une faible détente et sont très rarement munies d'appareils de condensation. Nous pouvons citer comme de louables exceptions à cette règle: 1° la machine motrice du moyen mill de l'usine d'Ozd, appartenant à la société de Salgo-Tarjan-Rima-Muramy que nous avons eu déjà l'occasion de mentionner; cette machine dont le cylindre a un mètre de diamètre et 1^{m},40 de course est munie d'une distribution par soupapes de précision du système Collmann et d'une bonne condensation, bien qu'elle fasse 100 tours par minute et que quelques ingénieurs autrichiens considèrent encore une pareille vitesse comme incompatible avec les avantages ci-dessus

indiqués; 2° la machine motrice du train de tôles fines de l'usine de Nadasd appartenant à la même compagnie, où le cylindre à vapeur ayant un mètre de diamètre sur 1^{m},25 de course est également muni d'une distribution par soupapes, se manœuvrant par le régulateur d'après le système breveté de M. Trappen, directeur des ateliers de Wetter an der Ruhr, où la machine a été construite.

Nul doute que ces exemples ne soient promptement suivis surtout dans les établissements du sud de la monarchie, où le combustible est relativement coûteux.

VIII

Ateliers de construction.

Locomotives. — Il existe en Autriche-Hongrie 5 établissements affectés principalement à la construction des machines locomotives. Ce sont, par ordre d'ancienneté :

1° La fabrique de la Société autrichienne-hongroise des chemins de fer de l'État, à Vienne, pouvant construire annuellement 100 machines avec leurs tenders;

2° La fabrique de la Société anonyme de Wiener-Neustadt (précédemment Sigl et Cie) dont la production annuelle peut atteindre 200 locomotives;

3° La fabrique de Floridsdorf près de Vienne, dont la production peut s'élever à 60 machines;

4° La fabrique des chemins de fer de l'État hongrois, à Budapest, qui s'outille en ce moment pour arriver à livrer 50 locomotives par an, mais n'a jusqu'à présent jamais atteint ce chiffre;

5° La succursale tout récemment créée à Linz par la maison Krauss, de Munich, s'occupant spécialement de la livraison de locomotives à voie étroite, et dont la production annuelle n'est point encore connue.

Les établissements nationaux peuvent donc livrer annuellement au moins 400 locomotives, et ce chiffre est plus que suffisant pour faire face aux besoins normaux des 20,000 kilomètres de chemins de fer actuellement en exploitation. Une description détaillée de ces établissements ne saurait trouver place ici. Nous nous bornerons à signaler l'emploi fré-

quent de la presse hydraulique Haswell, à la fabrique de la société autrichienne-hongroise pour la fabrication d'un très grand nombre de pièces façonnées, ainsi que les soins donnés au rivetage hydraulique dans l'atelier de chaudronnerie, et à indiquer le rôle considérable que jouent à la fabrique de Floridsdorf les meules à l'émeri pour le finissage de toutes les pièces du mécanisme.

Comme on l'a vu aux chapitres précédents, les constructeurs de locomotives trouvent dans le pays toutes les matières dont ils ont besoin, à l'exception des tubes en fer; les usines de Brézova puis de Witkowitz ont monté récemment des laminoirs grâce auxquels cette lacune a pu être comblée.

Wagons. — Plusieurs compagnies de chemins de fer construisent dans leurs ateliers de réparations les voitures et wagons neufs dont elles ont besoin. Parmi les établissements qui s'occupent spécialement de cet article, on peut citer la société de construction de wagons de Simmering, à Vienne, les grands établissements de la maison Ringhoffer et Cie, à Prague, enfin les ateliers appartenant à la maison Ganz, de Budapest et situés dans cette dernière ville.

Ponts métalliques. — Un assez grand nombre d'usines disposent d'ateliers pour la construction de ponts métalliques. Ce sont celles de Witkowitz, de Kladno, de Resicza, de Diosgyör, dont les noms sont déjà connus. Les ateliers de Körösi, à Gratz, récemment achetés par la Société de l'Alpine et ceux de Zöptau en Moravie s'occupent également de cette fabrication. Jusque dans les dernières années, aucun de ces établissements n'avait cru pouvoir aborder la construction des poutres de grande portée, et les nombreux ponts construits depuis 1870 à Vienne et à Budapest sur le Danube, provenaient d'usines françaises (le Creuzot, société de Fives-Lille ou des Batignolles) ou de leurs concurrents allemands. Les usines de Witkowitz pour l'Autriche et de Resicza pour la Hongrie se sont installées depuis lors d'une manière assez complète pour faire face à ces sortes de commandes, et cette dernière l'a prouvé en fournissant depuis trois ans le pont sur la Theiss, construit par la ville de Szégedin et le pont sur lequel la ligne internationale de Pest à Belgrade franchit le Danube à Neusatz.

Matériel de la voie et matériel roulant des chemins de fer. — Nous

réunissons sous cette rubrique tous les articles tels que changements de voie, plaques tournantes, appareils d'alimentation, essieux montés, etc.

Parmi les établissements qui s'occupent spécialement de ces fabrications, on peut citer en première ligne ceux de Resicza, de Witkowitz et de Ganz à Budapest. Les croisements en fonte trempée sont à peu près exclusivement employés; la roue à rais, avec moyeu en fer forgé tend à se substituer de plus en plus à tous les autres types et est toujours montée sur un essieu en acier.

Nous ne nous engagerons point ici dans une nomenclature des établissements qui construisent les machines motrices employées dans toutes les industries et des machines-outils et appareils de ces industries elles-mêmes. Il existe à Vienne, à Brünn, à Prague surtout, la capitale de la riche et industrieuse Bohême, de nombreuses maisons qui cultivent avec succès ces diverses spécialités. Les appareils pour la fabrication du sucre, de la bière, pour les diverses industries textiles sortent par centaines des ateliers de la Prager Maschinenbau-Actien-Gesellschaft (autrefois Breitfeld et Danek), des ateliers de Ruston dans la même ville, de Bolzano à Schlan, de Skoda à Pilsen, etc. L'abondance et l'importance des exploitations houillères et métallurgiques a aussi porté l'attention de ces constructeurs sur cette branche de l'industrie mécanique qui nous intéresse plus particulièrement, et d'excellents types de machines d'extraction, de ventilateurs de mines sont sortis de leurs mains. La construction des machines de hauts fourneaux et forges, ainsi que celle des grandes installations d'épuisement paraît être jusqu'à présent moins à leur portée. Pour les premières, les ateliers de construction de Wetter an der Rühr en Westphalie ont acquis en Autriche-Hongrie une position très forte; ils y ont livré en peu d'années 4 grandes souffleries pour hauts fourneaux et Bessemer et diverses machines motrices de laminoirs représentant ensemble plusieurs milliers de chevaux. D'autre part, la société autrichienne-hongroise des chemins de fer de l'État, ayant à commander, pour son puits n° VII de Kladno, une forte machine d'épuisement, a cru devoir, malgré son vif désir d'encourager l'industrie nationale, demander à l'usine de Seraing, son dernier type de machines à rotation. En somme, ce ne sont là que des cas exceptionnels, et ces importations étrangères pour les engins de l'exploita-

tion des mines et de la métallurgie paraissent aussi devoir disparaître dans un avenir assez prochain.

Si nous portons maintenant nos regards vers l'autre moitié de l'Empire, nous voyons cette industrie y revêtir une autre forme. C'est vers la construction des machines agricoles, des appareils de minoterie dont l'importance augmente chaque jour, que se concentrent les efforts des établissements de Pest, beaucoup moins nombreux d'ailleurs que ceux des cités manufacturières de la Moravie et de la Bohême. La fabrique de locomotives de l'État hongrois commence à livrer par centaines les machines à battre accompagnées de leurs locomobiles; plusieurs maisons importantes fabriquent les machines à semer, faner, moissonner et tout le petit matériel des travaux des champs, et pourtant, au moment des récoltes, les diverses gares de chemins de fer, les quais de débarquement du Danube regorgent de produits anglais. Quelques années encore, et l'initiative individuelle, très soutenue à cet égard par l'action gouvernementale, aura aussi modifié cette situation.

En France, en Angleterre, en Allemagne, les commandes de la guerre et de la marine exercent à certains moments sur la marche des établissements métallurgiques une influence sensible. Il n'en est pas de même en Autriche. L'arsenal maritime de Pola, le seul que possède la monarchie, a rarement des travaux considérables à exécuter; quant aux armées de terre, l'adoption du bronze Uchatius pour l'artillerie de campagne et de forteresse est venue réduire à un minimum l'emploi de l'acier, dont l'usinage pour quelques autres articles, tels qu'affûts, avant-trains, etc., se fait dans les arsenaux de l'Empire.

En résumé, l'Autriche-Hongrie possède aujourd'hui une industrie métallurgique complète, mais disséminée. Il ne faut pas chercher ici des établissements comme le Creuzot, Seraing, ou les grandes usines de la Rûhr. L'avenir est au pays du charbon, et, à cet égard, les usines de Witkowitz, de Kladno, de Teplitz paraissent devoir prendre le pas sur leurs rivales. Mais celles-ci elles-mêmes seraient à leur tour sérieusement menacées, si le système protectionniste actuel venait à disparaître. La fonte paye en ce moment un droit d'entrée de 20 francs par tonne, et pour les rails d'acier, fers en barres, etc., ce droit s'élève à près de 70 francs. Malgré ces tarifs élevés, les maîtres de forges austro-hongrois n'ont pu se préserver des incursions de leurs voisins du Nord qu'en les menaçant de représailles sur leur propre territoire.

Ces barrières factices suffiront-elles pour compenser longtemps encore la différence résultant des conditions de production incomparables que présentent la Silésie prussienne, la Westphalie, secondées par le puissant outillage industriel de ces pays? C'est la question que se posent, non sans quelque souci, les métallurgistes autrichiens et peut-être bien, ne sont-ils pas les seuls à se la poser.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Industrie de la houille dans le bassin de la Rühr (suite et fin). — Transport des télégrammes au moyen des voitures de tramway. — La plus forte locomotive du monde. — Machines à gaz. — L'Institution of Civil Engineers. — La haute pression sur mer.

Industrie de la houille dans le bassin de la Ruhr (*suite et fin*). Le projet du canal de la Rühr à l'Ems inférieure[1], dont la chambre des députés de Prusse était saisie depuis un an et qu'elle a voté dans sa séance du 9 juin 1883 (en troisième lecture), représente très certainement la satisfaction que le gouvernement entend donner aux intérêts spéciaux de l'industrie westphalienne qui réclame un débouché facile sur la côte allemande de la mer du Nord. Ce projet semble devoir rencontrer une opposition très vive à la chambre des Seigneurs, où les intérêts industriels comptent moins de défenseurs que les intérêts agricoles.

En 1877, alors que cette industrie encore inconsciente de sa vitalité et incertaine de son avenir n'osait pas prétendre disputer aux Anglais, soit le marché de Hambourg, soit les marchés d'outre-mer, le gouvernement avait saisi la Chambre des députés d'un projet de canal tout différent. Le tracé était le même de Dortmund à Bevergern, mais, à partir de là, au lieu de poursuivre vers le nord, le long du cours de l'Ems, il tournait brusquement vers l'est et allait par Hanovre rejoindre le cours de l'Elbe dans le voisinage de Magdebourg.

Le projet de 1877, abandonné depuis par le gouvernement, devait rattacher le cours du Rhin et les provinces occidentales de la monarchie au réseau de navigation des provinces de l'est. C'était la continuation du plan national conçu dans un temps où la Prusse, repliée sur elle-même et peu prospère, n'avait guère à songer à écouler au dehors les excédents de sa production.

Le projet de 1882 qui vient d'être adopté par la Chambre des députés a une tout autre portée. Il ne mettra pas la vallée du Rhin et le bassin de la Rühr en communication avec le Hanovre, le Brunswick, les provinces de Saxe et de Brandebourg, pour développer à l'intérieur les échanges entre ces contrées, mais il facilitera la sortie sur la mer aux richesses industrielles de la Prusse rhénane et de la Westphalie. Il leur fournira une prolongation artificielle de la voie du Rhin, c'est-à-dire le moyen d'arriver

1. Voir Chronique de février 1882, page 213.

à un port sans quitter le domaine national et sans dépendre de la Hollande, maîtresse des bouches de ce fleuve.

Un tel canal sera d'ailleurs un élément de richesses pour l'agriculture des pays marécageux et pauvres qu'il doit traverser. Et l'on peut même prévoir le cas où sa navigation serait suffisante pour relever la prospérité de l'ancien port d'Emden, qui a été négligée depuis des siècles et en faire peut-être, après des travaux d'amélioration auxquels on dit que se prêtent les bouches de l'Ems, le port attitré du commerce des provinces occidentales de la Prusse. Si cette solution, qu'un gouvernement prévoyant a déposée en germe ou tout au moins à l'essai dans le projet du canal de l'Ems, devait être favorisée par le temps et la marche des choses, la question de la rivalité entre Anvers et Hambourg pourrait se trouver simplifiée.

Quoi qu'il en soit, et sans trop compter sur l'avenir que peut attendre le port d'Emden, il est permis de dire que l'exécution du canal entre la Rühr et l'Ems inférieure[1] fera baisser suffisamment le prix du transport des charbons de la Rühr pour leur permettre de disputer aux Anglais le marché de la mer du Nord. Et cette réduction de tarifs aura pu s'accomplir lentement, par le jeu naturel des lois économiques, en laissant aux intérêts engagés le temps de s'accommoder du nouvel ordre de choses.

C'est ici le lieu de mentionner un projet de canal dont l'industrie westphalienne appelle l'exécution de tous ses vœux et qui relierait le Rhin, à la hauteur de la Rühr, avec la Meuse et par suite avec les canaux belges et le réseau de navigation français. Le jour où ce canal serait construit, ce n'est pas un million de tonnes, mais deux et trois millions que les houillères de la Rühr pourraient livrer à la consommation française.

Après cet aperçu des lignes de trafic qui unissent le bassin de la Rühr aux embouchures des fleuves, c'est-à-dire aux portes de la mer du Nord, il reste à indiquer par quel organisme de circulation locale, les charbons, au sortir de la mine, sont dirigés sur ces grandes artères.

La rivière de la Rühr, qui traverse de l'est à l'ouest le bassin houiller de ce nom, a été rendue navigable, il y a plus d'un siècle, sur un parcours tortueux de 75 kilomètres, depuis Witten jusqu'à Ruhrort, où elle se jette dans le Rhin; mais elle a perdu, comme affluent de ce grand fleuve, l'importance exclusive qu'elle avait avant le développement des chemins de fer. Cependant c'est dans les trois ports de Ruhrort[2], Duisburg et Hochfeld, situés on peut dire à son confluent et à quelques kilomètres à peine les uns des autres qu'affluent les houilles qui viennent chercher la voie du Rhin, soit pour descendre en Hollande ou à la mer, soit pour remonter le cours moyen du fleuve.

Les arrivages de houilles sortant de la mine, amenées par voie ferrée dans

1. Cette première voie navigable de Dortmund à Papenburg que vient de voter la Chambre des députés devra être continuée de Dortmund au Rhin, le long de l'Emscher, puis parallèlement à la côte de la mer du Nord, de Papenburg aux bouches du Weser, et même ensuite jusqu'à celle de l'Elbe. Du moins ces tracés sont prévus dans le plan d'ensemble présenté en 1882 par le gouvernement.

2. Voir, sur le port de Ruhrort, la Chronique de janvier 1881, page 169.

ces trois ports, se sont élevés, en 1881, à 2,636,900 tonnes, et les sorties par le Rhin, à 2,800,000 tonnes.

De ce dernier chiffre, on connaît déjà deux parts, savoir : les embarquements pour la Hollande, 1,455,400 tonnes, et ceux pour la Belgique, 181,800 tonnes.

L'excédent ou troisième part, 1,072,000 tonnes, a remonté le Rhin et les neuf dixièmes de ce million de tonnes sont allés jusqu'en amont de Coblentz, à Oberlahustein, qui donne des minerais comme fret de retour, à Mayence et jusqu'à Manheim.

Ce dernier point paraît marquer la limite de pénétration des houilles westphaliennes vers le sud de l'Allemagne, où elles rencontrent les mines de la Sarre.

Il est à remarquer que le chiffre des sorties des ports de la Rühr, en 1881, savoir : 2,800,000 tonnes qui représente la part de l'industrie houillère à la navigation du Rhin, n'était, en 1872, que de 1,550,000 tonnes, c'est-à-dire qu'en neuf ans l'augmentation a été de 76 pour 100, progression suivant laquelle on arrive à doubler en moins de douze ans. C'est une marche un peu plus lente que celle qui a été indiquée plus haut pour l'accroissement de la production.

Il est également à noter que la Rühr, qui serait la voie naturelle pour arriver au Rhin, n'a reçu en chargement, dans l'année 1881, que 28,000 tonnes de houille, la centième partie environ de ce qu'a reçu le chemin de fer, dont 12,500 seulement sont venues jusqu'à Duisburg, le reste ayant été déchargé en route pour les besoins des usines.

On peut donc dire que, sauf le cas de production et de consommation à proximité immédiate du cours de la Rühr, les charbons, au sortir de la mine, prennent uniquement le chemin de fer pour gagner les ports d'embarquement sur le Rhin. Cela tient à ce que la Rühr ne peut porter de grands bateaux, et aussi à la nécessité d'expédier vite pour éviter des encombrements calamiteux avec une production si active sur une étendue de territoire relativement restreinte.

En effet, 25 millons de tonnes amenées à la surface des mines exigent, pour s'en éloigner, deux millions et demi de wagons à 10 tonnes; et, comme il faut que ces wagons reviennent vides ou avec d'autres marchandises, cela donne un mouvement double, c'est-à-dire de cinq millions de wagons dans l'année. Cela fait, en moyenne, 13,700 wagons à déplacer chaque jour, soit à raison de 40 wagons par train, 340 trains en moyenne, répartis dans chaque durée de vingt-quatre heures, et cela sans compter le mouvement des voyageurs, ni les wagons nécessaires pour emporter le produit des usines et manufactures très nombreuses dans la région. Et c'est sur un territoire de 60 kilomètres de long de l'est à l'ouest, sur 30 de large du nord au sud, que s'accomplit cet effort de circulation. Il ne faut pas oublier d'ailleurs que les chiffres donnés ci-dessus sont des moyennes et que par conséquent ils sont notablement dépassés. Ainsi pendant l'automne de 1882, il est arrivé souvent que les expéditions de houille ont été de plus de 8,000 wagons

par jour. Le maximum a été le 11 novembre, avec 8674 wagons de 10 tonnes.

Il est juste de dire que jusqu'à l'année dernière les chemins de fer s'étaient acquittés assez imparfaitement de cette tâche. Les propriétaires de mines se plaignaient tout à la fois de l'insuffisance du matériel roulant et des encombrements dans les gares trop étroites.

Aujourd'hui que l'État a achevé le rachat et qu'il exploite simultanément les lignes des trois anciennes compagnies (Cologne-Minden, Rhenan et Berg-Marche), une amélioration très sensible s'est produite et les plaintes ont cessé, quoique les besoins de transport aient augmenté avec la production de la houille.

On s'explique ce changement quand on pense que ces compagnies n'avaient pas de concessions géographiquement délimitées; que leurs lignes, dans les centres de trafic les plus importants, s'étaient superposées et enchevêtrées, se faisant sur place les unes aux autres une concurrence ruineuse pour elles-mêmes et sans avantages pour l'industrie, dont elles étaient impuissantes à satisfaire les besoins. Il n'y avait que le rachat par l'État qui pût mettre fin à ce chaos.

L'État est venu et, sans conférer des vertus nouvelles au personnel des ancienne compagnies qu'il a gardé à son service, il a simplement fait régner l'ordre et l'unité de vues, en même temps que des vues un peu plus hautes, là où un particularisme étroit, où le génie mesquin de la comptabilité, où l'instinct borné de la concurrence, montraient de plus en plus leur insuffisance en face d'un grand essor industriel à soutenir et à favoriser.

Du reste l'administration de l'État a commencé par ne pas lésiner. Dans le courant de l'année 1882, le matériel roulant de la région rhénane-westphalienne a été augmenté de 6,000 wagons doubles. La livraison de 1,300 autres devait être achevée avant la fin de juin 1883, sans parler de 1,200 wagons loués en France. C'est tout d'un coup une augmentation considérable pour un parc qui ne contenait que 24,000 wagons doubles, et les commandes de locomotives ont été en proportion.

Dans les travaux d'élargissement des gares qui sont en voie d'exécution, on n'a pas pu aller aussi vite, car les études ont dû être proposées de concert entre les trois directions qui exploitent, avec l'avis des cercles industriels et commerciaux intéressés.

Les cercles sont d'ailleurs unanimes à reconnaître les progrès accomplis, bien que la suppression de la concurrence et l'établissement de tarifs uniformes aient eu pour conséquence quelques élévations de taxes dans le tarif local.

Ce n'est, en réalité, que depuis le 1er avril 1883, que les trois directions du réseau rhénan-westphalien (Elberfeld; Cologne, rive gauche; Cologne, rive droite) sont définitivement constituées, c'est-à-dire qu'elles ont chacune leur domaine distinct. Ce principe de la délimitation territoriale des exploitations, qui a servi de point de départ à la constitution du réseau

français, vient d'être appliqué en Prusse comme terme d'une réforme qui a commencé par le rachat.

Des trois grands centres de production houillère de la Prusse, le bassin de la Rühr est le seul auquel sa situation géographique permette de prétendre à un commerce d'outre-mer. Les bassins de la Sarre et de la Silésie sont trop éloignés des côtes et doivent chercher leur avenir sur le continent. Le premier a l'écoulement de ses houilles assuré dans les riches contrées industrielles environnantes; il peut même aspirer au marché de la haute Italie.

Quant à la Silésie, elle n'a guère en perspective d'autre marché que les régions de l'est de l'Allemagne et partiellement l'Autriche-Hongrie. C'est pourquoi le gouvernement prussien, qui s'efforce de tenir la balance égale entre les provinces de la monarchie, semble vouloir réserver le marché de Berlin aux houilles silésiennes et dirige le courant commercial des provinces occidentales vers les ports de la mer du Nord et les routes de l'océan.

Les représentants de l'industrie houillère de la Rühr partagent les vues du gouvernement en ce qui regarde la création d'une exportation maritime : cette exportation a été jusqu'à présent insignifiante (25,000 tonnes environ en 1881); mais depuis que la prospérité de leurs exploitations a relevé leur courage, ils n'épargnent aucun effort, ils semblent décidés à ne reculer devant aucun sacrifice pour s'assurer des débouchés réguliers au delà des mers. Leurs intérêts, en cela, sont d'accord avec ceux des armateurs de Brême et de Hambourg, qui manquent souvent de fret au départ. Les houilles qui fourniraient ce fret acquerraient dans les stations lointaines, par le seul fait du transport, une valeur égale à cinq, six, sept fois ce qu'elles coûtent dans le port d'embarquement.

Il fallait répandre et vulgariser cette idée ou ce calcul très simple, su lequel repose le mécanisme des exportations de houilles de la Grande-Bretagne. Cette tâche a été accomplie, depuis un an surtout, par deux *Vereine* ou Unions, dont le nom indique le but : Union en vue des intérêts miniers de la Prusse rhénane et de la Westphalie (*Verein für die bergaulichen interessen Rheinlands und Westfalens*), et Union westphalienne pour l'exportation de la houille (*Westfälischen Kohlen Ausfuhrverein*).

Ces unions comptent parmi leurs membres, comme actionnaires de mines, directeurs, ingénieurs, fonctionnaires, économistes, toutes les personnes qu'un intérêt financier, intellectuel, national peut attacher à l'industrie du charbon; leur rôle est double. Il consiste d'abord à entretenir la lumière sur les questions, tant théoriques que techniques, qui intéressent les progrès de cette industrie, puis à faire entendre aux représentants de l'État, ministres des finances et des travaux publics, directions de chemins de fer, etc., ses réclamations et ses plaintes : plaintes contre l'élévation des tarifs, contre l'élévation de l'impôt minier, qui frappe de 2 pour 100 la valeur brute des produits de l'extraction : demande de remboursement de cet impôt à la sortie des charbons exportés, etc. A part quelques abaisse-

ments de tarifs obtenus, il est juste de dire que l'action des deux *Vereine* de ce côté a été sans résultat; mais elle a eu cet avantage de tenir en éveil les esprits des industriels et de les habituer à envisager froidement les sacrifices que la passivité du gouvernement les obligerait à faire pour le soin de leurs intérêts. A l'actif de ces deux *Vereine*, il faut compter l'agitation qu'ils ont faite récemment en faveur du projet de canal de la Rühr à l'Ems inférieure. La commission de la Chambre des députés, où avaient prévalu les partisans de l'ancien projet de 1877, s'était prononcée contre le projet nouveau; c'est sous la pression de l'opinion publique que la Chambre a désavoué ensuite sa commission et voté le tracé qui suit le cours de l'Ems.

Aujourd'hui le temps des incertitudes et des tâtonnements semble passé. Dans une réunion tenue à Brême le 29 janvier 1883, à laquelle assistaient des armateurs et des commerçants de cette place, ainsi que des représentants des deux *Vereine*, il a été décidé qu'il y avait lieu de fonder une société par actions pour favoriser l'exportation maritime des charbons de Westphalie, c'est-à-dire pour créer, à la manière des Anglais, des dépôts permanents dans les stations d'outre-mer.

Une commission a été nommée pour étudier les conditions d'existence et de réussite d'une telle société et pour en préparer les statuts.

Il est dit dans les délibérations de cette commission que les propriétaires de mines devront livrer, pour l'exportation, des charbons de choix au dessous des prix du marché intérieur, que les armateurs devront accorder le fret à plus bas prix que les Anglais, et qu'enfin les lignes de navigation allemande devront s'astreindre à ne faire leur charbon que dans les dépôts établis par la Société, sans tenir compte, au moins pendant les premières années, des offres avantageuses que ferait la concurrence anglaise.

Ces diverses conditions ne sont pas impossibles à réaliser, et avec de l'esprit de suite, de la ténacité et des capitaux, l'industrie houillère de la Rühr pourra peut-être, dans dix ans, commencer à disputer aux Anglais les marchés d'outre-mer.

Un premier dépôt de charbon westphalien a déjà été établi à Saint-Thomas par la compagnie de navigation hambourgeoise-américaine.

Seulement, il sera nécessaire que l'un au moins des ports allemands du nord reçoive des aménagements capables de rivaliser avec ceux dont Anvers dispose pour le transbordement des charbons (voir *Chronique* de septembre 1883, page 332, sur l'outillage du port d'Anvers); sans quoi le grand port belge exercerait toujours une attraction irrésistible sur les houilles de la Rühr.

L'ouverture du tunnel du Gothard avait fait concevoir en Allemagne des espérances qui, pour le commerce des houilles, sont loin de s'être réalisées. De ce côté, comme sur les côtes de la mer du Nord et de la Baltique, ce sont les Anglais qui sont les maîtres. Le fret de la tonne d'Angleterre (Tyne) à Gênes est de 13 fr. 45 (avril 1883), et de Gênes à Milan, le transport par chemin de fer coûte 10 francs, soit 23 fr. 45 pour amener à Milan une tonne de charbon anglais.

La tonne de la Rühr paye jusqu'à Milan 29 fr. 27; et celle de la Sarre environ 24 fr. 50.

Pour que les charbons allemands puissent disputer le marché de Milan aux Anglais, il faut des tarifs moins élevés que ceux qui existent aujourd'hui. Cet abaissement des tarifs paraît dépendre à peu près uniquement des chemins de fer suisses, attendu que les tarifs sur la partie allemande du parcours sont déjà très réduits (63 cent. de frais d'expédition et 2 cent. 33 par tonne kilométrique pour un envoi de 10 tonnes, et 2 cent. 25 pour un envoi de 100 tonnes) et que, sur la partie italienne, outre que des réductions seraient très difficiles à obtenir, elles ne manqueraient pas d'être accordées pareillement aux Anglais pour le trajet de Gênes à Milan. Des négociations ont été engagées et se poursuivent entre les administrations allemandes et suisses de chemins de fer et elles semblent devoir donner un résultat conforme aux désirs des producteurs allemands.

Quoi qu'il en soit, c'est le bassin de la Sarre et non celui de la Rühr qui pourra placer avantageusement ses produits à Milan.

(*Bulletin consulaire français.*)

Du transport des télégrammes au moyen des voitures de tramway. — Nous trouvons dans le *Bulletin de l'Union des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Louvain* une note de M. de Fierlant sur l'utilisation qui se fait dans les grandes villes de Belgique des voitures de tramway pour le transport des dépêches télégraphiques. Ce système n'ayant pas encore pénétré en France, nous croyons intéressant de reproduire le travail de M. de Fierlant.

L'administration des télégraphes belges peut utiliser les voitures de tramway pour le transport des dépêches.

Le transport s'effectue :

1° Au moyen des boîtes fixées aux voitures;

2° Au moyen des porteurs.

1° Les boîtes sont en fer peint; le volet mobile supérieur destiné à l'introduction des dépêches, porte l'incription : « Télégrammes. »

Le fond de la boîte est à charnière et s'ouvre au moyen d'une clef passe-partout.

La boîte s'attache à la tôle de devant de la plate-forme au moyen de deux petits boulons dont les têtes sont à l'extérieur de la tôle et les écrous à l'intérieur de la boîte.

La boîte est fournie et posée par l'administration des Télégraphes.

Aucune redevance n'est payée de ce chef à la Société des Tramways.

2° Les porteurs de dépêches pourront employer les voitures de tramway pour faire les courses nécessitées par la remise à domicile des télégrammes.

Il ne peut y avoir plus de deux porteurs à la fois sur la même voiture.

A Bruxelles, l'Administration des Télégraphes paye à la Société des Tramways pour le transport des porteurs une redevance de 21 fr. 45 par

jour, soit 7,827 fr. par an. Cette somme est calculée de la manière suivante : fr. 0,55 par kilomètre de ligne exploitée, étant entendu que les rues où passent deux lignes sont comptées deux fois. La longueur des lignes exploitées étant de 39 kilomètres, on a 39 × 0 55 = 21f 45.

Il y a en moyenne 93 voitures en service (on compte 100 en nombre rond). Cette redevance revient donc à 84 fr. par voiture et par an.

Le public et l'administration emploient les boîtes de la façon suivante :

Toute dépêche affranchie peut être jetée dans une boîte de tramway.

La dépêche peut être enfermée dans une enveloppe portant ces mots : « TÉLÉGRAMME A TRANSMETTRE. »

Peuvent également être jetées dans les boîtes les lettres ou cartes-postales dites « PAR EXPRÈS, » affranchies au moyen d'un timbre supplémentaire de 25 centimes. Depuis le 1er mars 1883, l'emploi de timbres-poste est autorisé. Avant cette date, le timbre de 25 cent. devait être télégraphique ; la surtaxe de 25 cent. en timbres-postes ne pouvait s'appliquer qu'aux cartes ou lettres par exprès confiées à la poste. La mesure nouvelle donne une facilité importante au public.

Les lettres et cartes ne sont transportées par le service du Télégraphe que dans les quatres villes de Bruxelles, Anvers, Liège et Gand.

L'Administration se sert des boîtes pour expédier les dépêches d'un bureau de dépôt de télégramme à un bureau expéditeur, ou pour faire remettre à domicile les dépêches reçues par un bureau télégraphique, lorsque ce domicile n'est pas dans le rayon de ce bureau. L'agglomération bruxelloise est divisée, à cet effet, en un certain nombre de circonscriptions, desservies, soit par un bureau du télégraphe proprement dit, soit par une aubette-bureau, comme nous le verrons plus loin.

Chaque dépêche venant de l'Administration est enfermée dans une enveloppe spéciale de couleur rouge, et celle-ci retourne au bureau d'expédition avec le reçu du destinataire.

Lorsqu'une dépêche est destinée à la ville même, elle ne passe pas par le fil, mais elle est simplement transcrite sur une formule télégraphique, soit au bureau où elle est déposée, soit au bureau télégraphique le plus voisin de l'endroit où elle est levée.

On comprend que la lettre ou la carte par exprès permettant au public de faire parvenir un nombre de mots très considérable à un prix de beaucoup inférieur à celui d'une dépêche (sans compter l'avantage du secret comme pour les lettres), le nombre des dépêches pour la ville même est peu considérable. Elles ne s'emploient plus que par des personnes peu au courant des règlements télégraphiques.

La remise à domicile se fait de la façon suivante :

Dans chaque aubette de tramway se trouvent un ou deux employés du télégraphe, suivant l'importance du poste à desservir et des lignes de tramway ou d'omnibus (car ceux-ci sont aussi pourvus d'une boîte) qui s'y croisent. De plus un certain nombre de porteurs (ordinairement quatre) est attaché à chaque aubette.

Une voiture venant à passer à l'aubette, l'employé ouvre la boîte. Il lit les adresses des lettres et cartes par exprès ainsi que des dépêches et remet dans la boite celles qui peuvent continuer leur route au moyen de la même voiture. Quant aux autres, il donne celles dont la destination est dans le rayon télégraphique de l'aubette aux porteurs de dépêches; il envoie par un porteur au bureau télégraphique expéditeur le plus proche les dépêches pour l'extérieur de la ville; enfin il change de boîte, c'est-à-dire jette au premier passage dans la boîte d'une voiture ayant la direction voulue, les dépêches, etc., à retirer pour les changer de direction.

Les timbres des dépêches, lettres et cartes remises aux porteurs sont annulés à l'encre.

Sur les timbres des pièces qui changent de direction ou sont portées à un bureau, l'employé passe un trait de crayon, qui indique son passage par un bureau-aubette.

Au lieu de jeter les dépêches, etc., dans les boîtes, le public peut aussi les déposer dans une aubette, l'employé les jette dans la boîte de la première voiture ayant la direction voulue.

L'employé tient note des dépêches, etc., remises aux porteurs. Cet enregistrement sert notamment à établir le décompte des timbres-poste employés comme timbres télégraphiques pour les *exprès*.

La présence des employés du télégraphe a permis à la Société des tramways de supprimer la plupart des gardiens d'aubettes. Plusieurs de ces dernières sont même chauffées et éclairées aux frais de l'Administration des télégraphes.

L'emploi des boîtes a limité considérablement l'emploi du tramway par les porteurs, la majeure partie du parcours des dépêches se faisant au moyen des boîtes.

Tels sont, outre la redevance perçue par la Société des Tramways, les avantages pour cette Société.

Quant au public, il apprécie de plus en plus l'utilité des boîtes à télégrammes et en fait grand usage.

A Bruxelles, cette organisation rend les plus grands services. Ainsi, à l'aubette de la porte de Namur seule, on retire journellement 80 télégrammes, ou lettres, ou cartes par exprès.

Le système des boîtes tend à se généraliser même à l'étranger. L'administration des Télégraphes italiens s'occupe d'organiser le service des transports de dépêches au moyen des boîtes dans plusieurs villes, notamment à Turin et à Naples.

La plus forte locomotive du monde. — Le *Railroad Gazette* donne des renseignements intéressants, mais malheureusement incomplets, sur un type de locomotives que ce journal considère comme le plus puissant qui ait été établi jusqu'ici.

C'est une machine construite pour le *Central Pacific Railroad*, dans les ateliers de cette compagnie, à Sacramento, sur les dessins de M. A.-J. Ste-

vens, chef du service des machines, ce que les Américains appellent « General master mechanic. » Elle est destinée à fonctionner sur les sections à fortes rampes par lesquelles la ligne aborde les montagnes de la Sierra Nevada.

La machine dont il s'agit et qui porte le nom de *El Gobernador*, est une locomotive à 5 essieux accouplés, portant des roues de $1^m,440$ de diamètre, avec l'avant-train ordinaire américain à deux essieux. L'écartement des essieux accouplés est de $5^m,97$ et, pour faciliter le passage dans les courbes, on a donné à l'essieu d'arrière un jeu transversal que permet la disposition des bielles d'accouplement entre cet essieu et le voisin; ces bielles sont à l'extérieur des bielles d'accouplement des quatre autres essieux et portent sur des boutons sphériques. De plus les roues des second et troisième essieux accouplés en partant de l'avant sont sans boudins.

Les cylindres sont très légèrement inclinés, disposition rare actuellement aux États-Unis, mais très fréquente autrefois. Ils ont des dimensions énormes, $0^m,532$ de diamètre et $0^m,915$ de course. C'est certainement la plus grande course qui ait jamais été donnée à des cylindres de locomotives. Les tiroirs sont à la partie supérieure; il y a deux coquilles, une à chaque extrémité, pour raccourcir les passages, et ces coquilles sont disposées avec un canal dans le système Trick.

La distribution s'opère par un mécanisme dont on attribue la disposition à M. Stevens, mais qui, autant qu'on peut en juger par un dessin assez incomplet, nous paraît être tout simplement une distribution Walschaerts, dont la coulisse est commandée par un excentrique placé à l'intérieur, au lieu de l'être par une bielle actionnée par une contre-manivelle. Cette variante a d'ailleurs déjà été employée en Europe.

Les têtes de piston sont guidées par des barres doubles placées au-dessus des tiges. La chaudière a un foyer très long et très bas, disposé au-dessus des deux essieux d'arrière. La grille paraît sur le dessin avoir environ $3^m,20$ de longueur et les tubes $3^m,65$.

Le tender a six essieux divisés en deux groupes. Cette machine est faite pour la voie ordinaire de 4 pieds 8 pouces et demi, et dans le dessin elle est représentée en plan sur une courbe de 12 degrés, ce qui correspond à 145 mètres de rayon.

Le central Pacific Railroad avait auparavant fait construire chez Baldwin un type de machine, dont une, le *Mastodon*, figurait l'année dernière à l'exposition de Chicago. C'était une machine à 8 roues couplées de $1^m,42$, avec cylindres de $0^m,508$ de diamètre et $0^m,763$ de course. La distribution s'effectuait par quatre tiroirs, dont deux de détente, actionnés par le même mécanisme que celui de la machine précédente. Il semble que ce système n'ait pas donné toute satisfaction, puisque l'auteur, M. Stevens, en est revenu aux tiroirs ordinaires; ce serait une démonstration de plus des résultats négatifs que donnent en service les systèmes à doubles tiroirs.

El Gobernador a un écartement d'essieux accouplés de $5^m,970$, un poids total de 66,000 kilogr. et un poids adhérent de 58,000.

Le tender pèse vide 23,000 kilogr. et contient 13,600 litres d'eau et 4,500 kilogr. de charbon.

Le poids de la machine et du tender avec les approvisionnements complets s'élève à 107,250 kilogr. et la longueur totale de l'ensemble est de $19^{m},95$.

Des diagrammes relevés sur le *Mastodon* à la vitesse de 13 kilomètres à l'heure ont indiqué sur les pistons une pression moyenne effective de 8,800 kilogr. par centimètre carré.

Cette machine traîne sur rampe de 22 millièmes 20 wagons chargés, pesant 380 tonnes.

Le journal américain attribue la grande valeur de cette pression moyenne au système de distribution employé; il croit qu'avec 70 à 75 pour 100 d'introduction, aucune machine de construction européenne ne donnerait une pression moyenne effective de plus de 100 à 110 livres par pouce carré, soit 7,1 à 7,8 kilogr. par centimètre carré pour la même pression de 9,5 à la chaudière.

Appliquant ces données à la machine *El Gobernador*, laquelle n'est pas encore entrée en service, le *Railroad Gazette* estime que cette machine pourrait réaliser un effort brut sur les pistons de 14,690 kilogr.; si on en retranche 27,20 pour la résistance propre de la machine et du tender sur rampe de 22 millièmes, il resterait 12,930 pour la traction du train. Si on compte la résistance en palier à 2 kilogr. par tonne, on a 24 kilogr. avec la gravité, ce qui donne $\frac{12930}{24} = 539$ tonnes; en en retranchant 9 pour le fourgon, il reste 530 tonnes, représentant 28 wagons, pesant chargés 19 tonnes chacun.

Le mode de calcul employé en Europe donnerait avec le coefficient de réduction de 0,65 un effort de traction à la jante des roues motrices de

$$0,65 \frac{9.5 \times 53.2 \times 0,915}{1.44} = 11.100 \text{ kilogr.}$$

Cet effort correspondrait avec 24 kilogr. de résistance par tonne à une charge brute de 462 tonnes, c'est-à-dire 462 — 107 = 355 tonnes derrière la machine au lieu de 539, ce qui prouve une fois de plus que les Américains n'ont pas la même manière que nous de calculer les efforts de traction des machines.

La différence doit tenir :

1° A ce que le coefficient de réduction de 0,65, généralement employé en Europe, suppose une introduction déjà réduite, et qu'il est trop faible pour des admissions de 70 à 75 pour 100.

2° A ce que la résistance propre de la machine américaine est comptée très bas; en effet la valeur de 6,000 livres ou 2,720 kilogr. à laquelle cette résistance est évaluée ne correspond, en dehors des 22 kilogr. par tonne pour la gravité, qu'à $\frac{2720 - 22 \times 107}{107} = 3$ kilog. 4, chiffre évidemment

insuffisant pour la résistance en palier d'une machine à sept essieux, dont cinq accouplés, et d'un tender à six essieux soit en tout 26 roues.

Doit-on admettre que la distribution Stevens est à elle seule capable d'expliquer cette différence. Ce serait difficile, d'autant plus que l'influence ne pourrait guère s'en faire sentir qu'à des admissions réduites ou à des vitesses relativement considérables, ce qui n'est pas le cas, puisque la vitesse de 8 milles, 13 kilomètres, à laquelle la remonte des rampes de 22 millièmes est dite s'effectuer, ne correspondrait pour *El Gobernador* qu'à la marche extrêmement lente de 50 tours de roues par minute, vitesse à laquelle peuvent satisfaire tous les systèmes de distribution. Nous reviendrons tout à l'heure sur ce point.

On peut faire observer ici que le poids utilisé pour l'adhérence étant de 58 tonnes, le coefficient d'adhérence serait avec l'effort de traction de 11,100 kilogr. de $\frac{1}{5.22}$ et avec le chiffre américain encore bien plus faible. Nous avons souvent déjà eu l'occasion d'indiquer combien les efforts de traction des machines américaines sont élevés par rapport aux charges exercées par les roues motrices sur les rails.

Pour justifier ces assertions relatives à la supériorité de cette machine, le *Railroad Gazette* en compare les dimensions principales à celles de quelques autres machines très puissantes, telles que la machine à 8 roues couplées du Gothard, la machine à 8 roues couplées des chemins de fer de l'État français (machine munie de tiroirs à pistons et d'une distribution Walschaerts), et la machine anglaise type *Mogul* du Great-Eastern. Nous reproduisons ce tableau ci-après, en y adjoignant quelques autres données comparatives.

LIGNES	PACIFIC	PACIFIC	PACIFIC	GOTHARD	ÉTAT FRANÇAIS	GREAT EASTERN
Type de machines	El Gobernador	Mastodon	Consolidation	8 roues couplées	8 roues couplées	Mogul
Dimensions des cylindres	532 × 915	508 × 763	508 × 610	520 × 610	540 × 660	482 × 660
Diamètre des roues couplées	1.440	1.415	1.240	1.160	1.260	1.467
Charge des roues couplées	58.000k	46.500	44.000	51.750	53.220	38.650
Effort de traction par kilogramme de pression moyenne effective sur les pistons	1780	1450	1250	1400	1500	1040
Pression à la chaudière	»	9.5k	9.25	10.5	9.5	10
Écartement des essieux couplés	5.970	4.805	4.270	3.900	4.050	4.805
Charge sur les rails par mètre de longueur d'écartement des essieux couplés	9800k	9770	10400	13400	13250	8120
Effort de traction par la formule $0,65 \frac{p d^2 l}{D}$	11.100k	8.600	7.600	9.700	9.450	6.800
Coefficient d'adhérence	1/5.22	1/5.40	1/5.80	1/5.33	1/5.63	1/5.68

On ne peut s'empêcher de remarquer que le journal américain ne donne aucun renseignement sur les chaudières de ces grosses machines transatlantiques. La comparaison perd alors beaucoup de son intérêt, car si on voit quel effort statique ces locomotives peuvent exercer, on ne peut se rendre compte de la manière dont cet effort peut se continuer et s'entretenir.

Si l'on se reporte à la vitesse de 13 kilomètres à l'heure indiquée pour le *Mastodon*, on trouvera que la même vitesse correspondrait pour *El Gobernador*, avec l'effort de traction à la jante de 11,000 kilogr., à un travail de 533 chevaux de 75 kilogrammètres, travail élevé, mais nullement extraordinaire, de sorte qu'on pourrait, jusqu'à plus ample information au sujet des dimensions de la chaudière, trancher la question en invoquant les distinctions établies en mécanique entre les expressions de *force* et de *puissance*, et conclure provisoirement que la machine américaine est sinon la plus puissante machine du monde, du moins la plus forte.

Machines à gaz. — Il a été fait rcemment aux États-Unis, par MM. Morgan Brooks et J.-E. Steward, une série très complète d'essais dynamométriques et calorimétriques sur des machines à gaz du système Otto. Nous donnons ci-après le résumé des résultats tel qu'il a été présenté par notre collègue, le professeur R. Thurston.

Avec une machine donnant 6 à 7 chevaux indiqués, la dépense de gaz s'élève à 600 à 650 litres par cheval et par heure et pour une machine de 2 chevaux et au-dessous, à 650 à 700 litres.

Les résistances du mécanisme représentent 4 à 5 pour 100 de l'énergie totale de la combustion et de 40 pour 100 du travail pour les petites machines à 20 pour les grandes.

La perte par l'échappement varie de 12 pour 100 de la chaleur totale de combustion pour les petites machines, à 24 pour 100 pour les grandes; cette perte représente de 100 à 200 pour 100 par rapport à la chaleur transformée en travail.

L'eau de circulation dans l'enveloppe enlève 45 à 55 pour 100 de la chaleur totale engendrée par la combustion. On peut pour mettre en évidence cette répartition, donner les chiffres ci-après, recueillis sur une machine donnant 7 chevaux au frein et 8, 9 à l'indicateur, et dépensant 780 litres ou 600 litres par cheval et par heure, suivant que le cheval est mesuré sur le piston ou sur l'arbre.

Travail utile recueilli.	14,27
Travail de la pompe de circulation d'eau. . . .	0,42
Frottement du mécanisme.	4,10
Perte par l'échappement	23,55
Chaleur absorbée par l'eau de circulation.. . .	46,90
Perte par rayonnement.	10,76
Chaleur totale de combustion.	100 »

Comme suite à ces expériences, les auteurs donnent une comparaison entre la dépense de la force motrice obtenue avec une machine à gaz, une machine à vapeur et une machine à air chaud, genre de moteur assez employé aux États-Unis pour des forces modérées.

1° Machine à gaz de 8 chevaux par journée de six heures.

68 mètres cubes de gaz à 0 fr. 45 le mètre cube . . .	30f 60
Eau.	0 00
Graissage.	1 00
Main-d'œuvre, 1/6 de journée à 10 fr.	1 65
Dépréciation à 12 pour 100 l'an sur 5,375 fr. . . .	1 80
Intérêt à 5 pour 100 sur même somme.	0 75
Total par jour.	35 80

On suppose que la même eau sert toujours au moyen d'un refroidissement par circulation, et que l'homme qui surveille la machine fait en même temps un autre travail.

2° Machine à vapeur de 8 chevaux.

Charbon 250 kilogr. à 25 fr. la tonne.	6f 25
Eau 1,800 litres à 0 fr. 22 le mètre cube.	0 40
Graissage.	0 75
Conduite, une demi-journée à 10 fr.	5 00
Dépréciation, 12 pour 100 sur 4,000 fr.	1 35
Intérêt, 5 pour 100 sur même source.	0 55
Total par jour.	14 20

3° Machine à air chaud de 2 1/2 chevaux, fonctionnant dans une imprimerie de New-York; dépense 2 kilogr. de charbon par cheval et par heure; on remplace le foyer de la machine tous les trois ans au prix de 500 francs.

Charbon, 50 kilogr., à 25 fr. la tonne	1f 25
Eau.	0 00
Graissage.	0 50
Conduite, comme pour la machine à gaz.	1 65
Dépréciation, 10 pour 100 sur 3,750 francs.	1 05
Intérêt, 5 pour 100 sur même somme.	0 80
Total par jour.	4 95

La conclusion des auteurs est que le coût d'un cheval par heure est :

Pour la machine à gaz, de.	0f 45
— la machine à vapeur	0 18
— la machine à air chaud.	0 20

Ceci, bien entendu, pour les forces et dans les conditions indiquées ci-

dessus. Ils ajoutent que si le gaz était obtenu aux prix de 12 à 15 centimes le mètre cube, comme dans certains pays d'Europe, la machine à gaz donnerait son travail sensiblement au même prix que la machine à vapeur. Il ne faut pas oublier d'ailleurs qu'elle a l'avantage pour un travail intermittent, parce qu'elle ne consomme que lorsqu'elle fonctionne.

L'Institution of civil Engineers. — Le rapport lu à l'assemblée générale annuelle de l'*Institution of civil Engineers* constate que le nombre actuel des membres de toute classe, à l'exception des étudiants, est de 3,588, contre 3,385 à la même époque de l'année précédente, soit une augmentation de 203, ou 6 pour 100. Le nombre des étudiants est de 722 contre 707 pour l'année précédente.

Le recettes se sont élevées à 439,450 fr. et les dépenses à 435,775 fr. Il y a eu 24 séances ordinaires, où ont été lues et discutées 16 communications; le discours du Président a occupé une des séances. Il y a eu en outre six conférences ou *Lectures*.

L'Institution possède, y compris les sommes dont les revenus ont une affectation spéciale, une valeur de 1,447,450 francs.

La haute pression sur mer. — Les pressions en usage dans les machines marines se sont considérablement accrues depuis vingt ans. Elles atteignent aujourd'hui des taux qu'on n'eût guère prévu il y a quelques années. En voici un exemple tout récént.

Le *Tamaulipas*, steamer de la compagnie transatlantique mexicaine, construit chez Napier, à Glasgow, a 4 chaudières doubles cylindriques en tôle d'acier, fonctionnant à 140 livres, soit 10 kilogr. de pression. Ces chaudières fournissent la vapeur à une machine à triple expansion, développant 5,000 chevaux indiqués.

Le navire a 122 mètres de long, 13,40 de large et 9,9 de creux; il jauge 4,150 tonneaux. Dans ses essais à l'entrée de la Clyde, il a réalisé une vitesse de 16 nœuds et un quart.

C'est probablement le prèmier exemple d'une pression aussi élevée employée sur un grand navire spécialement affecté à la navigation transatlantique.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

DÉCEMBRE 1883.

Note sur le **prix de revient des transports** sur les chemins de fer en France, par M. Baum, ingénieur des ponts et chaussées.

L'auteur s'est proposé dans cette note de chercher pour deux périodes de trois années consécutives, de 1872 à 1875 et de 1879 à 1881, quel est le coût des transports en grande et en petite vitesse sur les chemins de fer français.

Renvoyant à une précédente étude publiée par lui dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de 1875, dans laquelle étaient indiquées des formules pour le calcul du prix de revient d'un voyageur et d'une tonne à un kilomètre, l'auteur part des conséquences auxquelles il était arrivé dans ce premier travail, savoir :

1° A égalité de poids, le transport des voyageurs coûte dix fois plus que le transport des marchandises à petite vitesse.

2° Le poids moyen d'un voyageur, avec ses bagages, est suppposé égal à 100 kilogrammes.

Ces deux règles combinées permettent de conclure que : le transport d'un voyageur à 1 kilomètre coûte autant que celui d'une tonne de marchandises de petite vitesse également à 1 kilomètre.

L'étude ces questions conduit M. Baum à admettre que :

La période de 1872 à 1874 indique, pour le prix de revient du transport d'une tonne à un kilomètre, un accroissement continu d'année en année (5,81, 5,67 et 5;81 centimes); ce prix de revient se rapproche rapidement pendant cette période du tarif moyen perçu par tonne kilométrique (5,79, 5,78 et 5,83 centimes).

Dans la période de 1879 à 1881, on constate l'inverse; la diminution du prix de revient est continue (5,72, 5,37 et 5,27 centimes), et, comme le tarif moyen perçu par tonne kilométrique est resté à peu près constant (5,92, 5,93 et 5,82 centimes), la différence entre le tarif moyen perçu et le prix de revient s'accentue d'année en année.

Les résultats de l'exploitation sont donc plus favorables dans la période

de 1879 à 1881 que dans celle de 1872 à 1874; la loi de décroissance constatée de 1872 à 1874 dans les résultats économiques de l'exploitation des réseaux des grandes compagnies est remplacée de 1879 à 1881 par une loi d'amélioration très sensible.

La cause de ce progrès réside, d'une part, dans la remarquable augmentation du trafic des dernières années et, d'autre part, dans les économies plus grandes dans l'exploitation faites par les compagnies, économies qui ont notablement augmenté les produits nets des derniers exercices.

Note sur un **pont mobile dit pont oscillant**, construit à l'écluse des Dames (canal du Nivernais), par M. B. DE MAS, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Cette disposition de pont a pour effet de permettre au tablier de se soulever du côté du chemin de halage pour laisser passer le trait; c'est d'une grande utilité pour les ponts placés sur une écluse, parce que c'est à cet endroit que la traction doit avoir sa plus grande énergie pour la manœuvre des bateaux.

L'oscillation se fait autour d'un axe horizontal en fer de 90 millimètres de diamètre; il y a un contrepoids à position variable, manœuvré par une vis sans fin (la variation du contrepoids est motivée par l'état hygrométrique variable du platelage en bois de la volée du pont); le calage se fait au moyen de deux verrous manœuvrés par le même levier et dont la fermeture est automatique.

Ce système serait, d'après l'auteur, plus économique d'établissement, plus sûr et plus facile de manœuvre que le pont-levis.

Le pont oscillant de l'écluse des Dames fonctionne d'une manière très satisfaisante depuis le mois de février 1883.

COMPTES RENDUS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

RÉUNIONS DE SAINT-ÉTIENNE, 5 JANVIER 1884.

Communication de M. EVRARD sur la **distinction des fers et aciers**. — M. Evrard expose les études faites à Firminy pour arriver à un moyen pratique de distinguer le fer de l'acier.

La définition de l'acier généralement admise aujourd'hui est la suivante:

Le mot acier doit être attribué non seulement aux produits non fondus qui se trempent, mais encore à tous les produits fondus malléables, même lorsqu'ils ne se trempent pas.

Il est donc très important de pouvoir mettre en évidence, par un procédé quelconque, les traces de soudures des produits soudés.

On opère en enlevant, avec une lime douce ou à la meule, la superficie du produit à essayer, préalablement étiré en lame, et l'attaquant avec de l'acide azotique à 14 ou 15 degrés.

L'acier présente alors toujours une surface unie et un aspect gris terne : l'attaque énergique ronge le métal également sur toute la surface.

Le fer montre toujours au contraire une surface rugueuse, l'attaque se faisant très irrégulièrement. Il présente des parties à grains brillants caractéristiques, disposées suivant des lignes longitudinales, à côté d'autres parties à grains ternes, analogues au grain de l'acier. Le fer en blooms présente en outre des bandes noires dues aux impuretés qu'il contient. Quant aux fers misés, les soudures apparaissent très nettement.

Le caractère distinctif qui permet de reconnaître un produit soudé d'un produit fondu, est l'apparition des grains brillants.

Dans le métal en blooms, ils sont très nombreux et forment des bandes longitudinales interrompues. Dans les fers en paquets, ces bandes suivent les soudures des mises sur toute leur longueur.

L'expérience suivante prouve que la présence des grains brillants est due encore aux soudures.

Un certain nombre de barres d'acier extradoux ont été réunies et soudées comme le fer misé. La soudure ne s'est pas convenablement faite sur tous les points ; cependant la partie étirée en lames ne présentait, après le polissage, aucune trace apparente de dessoudures. Dans l'attaque à l'acide azotique, les soudures sont devenues très visibles ; elles étaient indiquées par des lignes de grains brillants, tranchant parfaitement sur le reste du métal, qui avait un aspect gris terne.

Cette expérience démontre que la présence des bandes de grains brillants est due aux soudures ; c'est donc un caractère distinctif certain qui permet de reconnaître sûrement un produit soudé d'un produit fondu, c'est-à-dire ce que nous appelons l'acier de ce que nous appelons le fer.

Ces différences sont mises en évidence d'une manière bien nette par la projection lumineuse, très agrandie à l'appareil Molteni, des échantillons traités, ainsi que des cassures d'éprouvettes de fer et d'acier.

Communication de M. Brustlein sur la **fabrication des câbles en fil de fer.** Il s'agit d'un nouveau mode de tressage pour les câbles ronds en fil de fer ou d'acier, lequel paraît avoir donné de bons résultats en Angleterre.

Les torons qui composent le câble, au lieu d'être enroulés en sens inverse de leur torsion sont, au contraire, enroulés dans le même sens.

Dans l'enroulage ordinaire, les câbles ne portent dans les gorges des poulies que par un petit nombre de fils qui, par suite, s'usent et se coupent rapidement.

Par le nouveau mode de tressage du gros câble, sa section transversale

se rapproche beaucoup plus de celle d'un cercle, presque tous les fils du pourtour portent également, ce qui assure une plus longue durée.

Les rapports officiels attribuent à ces câbles une durée double de celle des autres, et les témoignages des propriétaires de mines confirment ces résultats.

L'emploi de ces câbles ne peut guère avoir lieu qu'avec des cages guidées, parce qu'autrement les bennes suspendues à l'extrémité tourneraient; le mode de fabrication habituel a pour but d'empêcher cette rotation.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

N° 1. — 5 janvier 1884.

Machine soufflante pour Bessemer, de la Société métallurgique des Alpes autrichiennes.

Utilisation des produits accessoires de la fabrication du coke.

Recherches sur l'effet utile des locomotives et la résistance des trains de chemins de fer.

Soufflage des hauts fourneaux.

Groupe de Hanovre. — Expériences sur la vaporisation. — Nouveau cubilot.

Groupe de Thuringe. — Exposition d'électricité de Vienne.

Patentes.

Bibliographie. — Nouveaux travaux de port et de canaux en France et en Angleterre, par Schemfil. — Ingénieur Kalender pour 1884, de Stühler. — Calcul des machines de Messerschmitt.

Correspondance. — Essai calorimétrique des machines à vapeur. — Distributions d'eau et assainissement des villes. — Moteurs pour l'intérieur des mines.

N° 2. — 12 janvier 1884.

Machine soufflante pour Bessemer (*suite*).

Formule pour calculer le rayon d'une roue à empreintes pour chaîne.

Chauffage et ventilation.

Exposition d'électricité de Vienne.

Four régénérateur de Eckhardt.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Théorie graphique des turbines.

Groupe de Breslau. — Fabriques de produits chimiques en Silésie. — Fabrique de terre réfractaire de Kulwig.

Groupe de Wurtemberg. — Exposition d'électricité de Vienne. — Taille des limes par le sable.

Patentes.

Bibliographie. — Études géologiques sur la houille de Zincken.

Correspondance. — Moteurs à gaz. — Coût de l'éclairage par le gaz.

N° 3. — 19 JANVIER 1884.

Ventilation des puits de houillères, par Steindel.

Le développement de l'industrie des machines agricoles en Angleterre et ses causes, par Max Eyth.

Exposition nationale suisse à Zurich en 1883 : Turbine à régulateur automatique. — Machine à vapeur à distribution Collmann. — Turbines pour hautes chutes et faible dépense d'eau.

Utilisation du gaz des hauts fourneaux.

Minières de Bilbao, exploitation par galeries de Köpe.

Groupe de Hesse. — Horloges électriques.

Patentes.

Variétés. — Legs Louis Boissonnet.

N° 4. — 26 JANVIER 1884.

Expériences sur la locomotive sans foyer à condenseur à soude de Honigmann, par F. Gutermuth.

Des divers systèmes de grues hydrauliques pour aciéries, par F. Daelen.

Aubage des turbines, par S. Gottlob.

Appareils à chauffer l'air.

Groupe de Berlin. — Fours à coke, avec dispositions pour recueillir le goudron et l'ammoniaque.

Groupe de Wurtemberg. — Éclairage électrique du théâtre royal de Stuttgard. — Fabrication des lampes à incandescence.

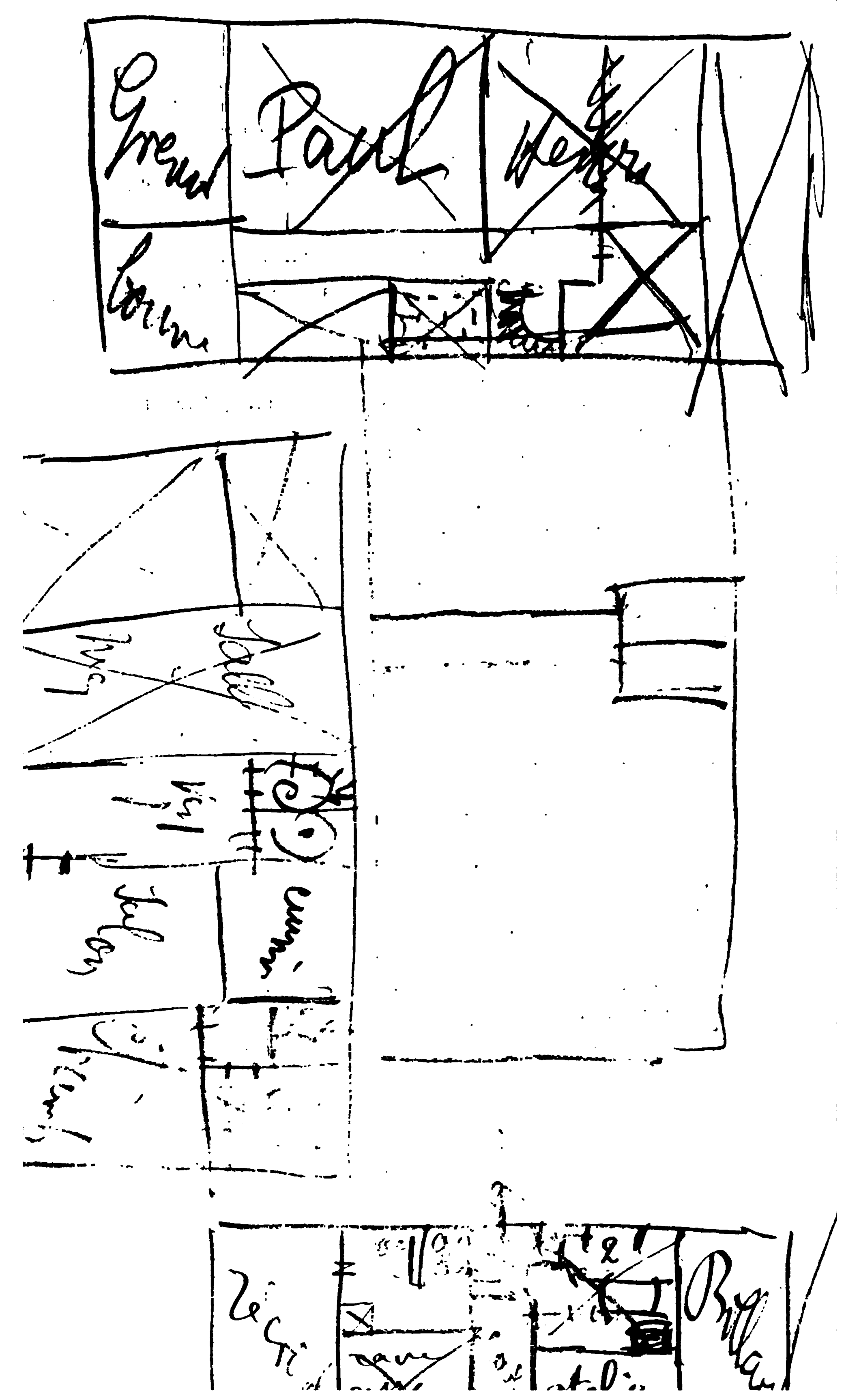
Patentes.

Correspondance. — Machines soufflantes. — Moteurs à gaz. — Coût de la production de la puissance dans les machines à vapeur.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. MALLET.

PARIS. — IMP. E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.


Paul

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MARS 1884

N° 3

Pendant le mois de mars la Société a traité les questions suivantes :

1° *Exposition de moteurs et machines-outils*, servant à la petite industrie à Vienne (Autriche) (séance du 7 mars, page 260).

2° *Enquête technique*, par M. Georges Salomon (séances des 7 et 21 mars, pages 261 et 287).

3° *Machines perforatrices à rotation*, note de M. Colladon présentée par M. Mallet (séance du 7 mars, page 262).

4° *Tunnels à trois ouvertures au point de vue de la construction, de la ventilation et de l'exploitation* (Avantages des longs), note de M. Crampton présenté par M. Brüll (séance du 7 mars, page 271).

5° *Prix de revient des machines en France, en Angleterre et en Allemagne* au point de vue de l'importation et de l'exportation, par M. Périssé (séance du 7 mars, pages 275 et 293).

6° *Banquet commémoratif du* 36me *anniversaire de la fondation de la Société*, page 276.

7° *Décès de MM. Mony et Sella* (séance du 21 mars, pages 280 et 281).

8° *Exposition internationale d'hygiène* à Londres (séance du 21 mars, page 281).

9° *Traction* à adopter pour les chemins de fer dans les villes, lettre de M. Léon Francq (séance du 21 mars, page 284).

10° *L'industrie minérale devant le parlement*, examen des diverses propositions de loi relatives aux ouvriers mineurs, par M. Couriot (séance du 21 mars, pages 287 et 333).

Pendant le mois de mars la Société a reçu :

De M. Salomon Georges), membre de la Société, une note sur l'*utilité d'une enquête technique sur les conditions de l'industrie en France et à l'étranger*.

De M. Colladon, membre de la Société, une note sur les *machines à rotation pour perforer les roches*.

De M. Crampton, membre de la Société, une note sur les *avantages des longs tunnels à trois ouvertures*.

De la Chambre de commerce de Dunkerque, un exemplaire des procès-verbaux des séances des 3, 17 et 31 janvier et 14 février.

De M. Barbe, membre de la Société, un exemplaire de la *Loi anglaise sur les patentes d'inventions, dessins et marques de fabrique avec commentaire et résumé*.

De M. Clermont, membre de la Société, un exemplaire de sa notice sur les *voies de tramways*.

De M. Walther Meunier, membre de la Société, un exemplaire de l'*Examen du phénomène de l'ébullition retardée de l'eau au point de vue de sa production dans les générateurs à vapeur employés dans l'industrie*.

De M. Félix Loisel, membre de la Société, un exemplaire de son *Annuaire spécial des chemins de fer Belges de* 1884.

De M. Boutmy (Charles), membre de la Société, un exemplaire d'une note sur les *produits métallurgiques à l'Exposition internationale d'Amsterdam en* 1883.

De M. le Ministre de l'Intérieur de Belgique, un exemplaire de l'*Album des diagrammes des variations de niveau de la mer observées à l'extrémité de l'estacade d'Est du chenal d'entrée du port d'Ostende en* 1883.

De M. Rothschild, éditeur : 1° un exemplaire de l'ouvrage de M. Picard sur les chemins de fer français, 4 volumes; 2° un exemplaire des *Causeries scientifiques,* par de Parville, 4 volumes; 3° un exemplaire

du *Traité pratique de reboisement et du gazonnement des montagnes*, par P. Demontzey; 5° un exemplaire du *Manuel d'Archéologie*, *la vie antique*, la Grèce, d'après E. Guhl et W. Koner; 6° un exemplaire du traité d'analyse chimique, *Méthodes gravimétriques*, par Stanislas Meunier et *Méthodes volumétriques*, par E. Finot et A. Bertrand; 7° un exemplaire de l'ouvrage de M. R. Boulard sur les *Animaux utiles;* 8° un exemplaire de l'ouvrage de MM. I. Planchon et le docteur L. Hugounenq sur le *Microscope;* 9° un exemplaire de l'*Histoire de la Terre* par H. de Lagrené.

Les Membres nouvellement admis sont :

MM. Ameuille,	présenté par MM.	Latour, Rey et Vallot.
Bonnet,	—	Bonpain, Cauvet et de Comberousse.
Boutain,	—	Martin, L. Moutupet et Pommier.
Challiot,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
Grosselin,	—	Brocca, Julien et Thouin.
Horsin-Déon,	—	Armengaud, Casalonga et Mardelet.
Postel Vinay,	—	Carimantrand, Marché et Maure.
Ravaux,	—	Denis de Lagarde, Godfernaux et Petit-Jean.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1884

Séance du 7 Mars 1884.

PRÉSIDENCE DE M. Louis MARTIN.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. BARRAULT demande à présenter quelques observations sur le procès-verbal de la séance du 15 février. Dans la communication de M. Casalonga relative à la nouvelle loi sur les patentes en Angleterre, il a été énoncé des faits au sujets desquels M. Barrault demande une rectification.

M. LE PRÉSIDENT dit que M. Barrault pourra expliquer sa pensée par une communication faite dans une prochaine séance; aujourd'hui, il est pris acte de son observation, sauf laquelle le procès-verbal de la séance du 15 février est adopté.

M. LE PRÉSIDENT fait part de la nomination de M. Baumann comme commandeur de l'ordre de Charles III d'Espagne et de celle de M. Lépany comme officier de l'ordre royal du Cambodge. Il annonce le décès de MM. Calla, Fèvre (Léon), de Fontenay (Eugène) et Sonolet.

Il est donné lecture de la lettre suivante, adressée par le Consulat général d'Autriche-Hongrie.

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

« J'ai l'honneur de vous informer qu'une exposition de moteurs et machines-outils servant à la petite industrie aura lieu cette année, du mois de juillet au mois d'octobre, à Vienne.

« La société des métiers de la basse Autriche qui s'occupe de l'organisation de cette exposition m'ayant fait connaître son désir d'y voir partici-

per et représentée le plus largement possible l'industrie française, je prends la liberté de vous remettre ci-joint un certain nombre d'imprimés relatifs à cette exposition (invitation, règlement, déclaration de participation) que je vous serai infiniment obligé de vouloir bien tenir à la disposition des personnes qui pourraient s'y intéresser et auxquelles je me ferai un plaisir de faire obtenir tous renseignements ultérieurs désirés.

« En me permettant encore d'appeler votre attention sur les avantages matériels qu'une industrie aussi avancée que celle de France me paraît devoir tirer de la participation à une pareille Exposition, je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

« Le Consul général adjoint »

Il est également donné lecture de la lettre suivante de M. Georges Salomon.

« Monsieur le Président,

« J'ai l'honneur de vous adresser, en vous priant de le soumettre à l'examen du Bureau et du Comité de la Société l'exposé sommaire des motifs qui me semblent militer en faveur de l'ouverture d'une enquête technique sur les conditions de l'industrie en France et à l'étranger.

« Par sa situation morale et scientifique, par sa composition, la Société des Ingénieurs civils peut, sans enfreindre ses statuts, effectuer et faire aboutir cette enquête dont vous avez bien voulu reconnaître la haute utilité.

« Les voies et moyens à employer dans ce but me paraissent extrêmement simples : il suffirait, je crois, de choisir dans le sein de la Société une grande commission composée de représentants de nos principales industries et de toutes nos écoles techniques.

« Cette commission serait chargée d'élaborer un questionnaire, auquel, on peut y compter, il serait répondu, et elle aurait, de plus, à grouper les réponses en un ou plusieurs volumes, qui formeraient une œuvre impérissable.

« On crie à la décadence de notre industrie, à la concurrence étrangère, et, pour nous défendre, on en appelle seulement aux économistes et aux législateurs.

« En dehors des mesures législatives et des théories économiques sur les rapports des vendeurs à acheteurs et de patrons à ouvriers, il existe encore d'autres remèdes peut-être plus précis.

« C'est aux ingénieurs et aux industriels à les signaler. Ils doivent faire savoir au pays si l'état de notre armement industriel et de nos voies de communication, si, en un mot, toutes les conditions techniques du travail industriel sont ce qu'elles devraient être.

« Le corps des ingénieurs civils doit, ce me semble, s'émouvoir comme

il l'a fait dans l'intérêt général, au sujet de la question des chemins de fer, et jouer, encore ici, le rôle prépondérant que lui assigne la place qu'il occupe et son désintéressement évident.

« Espérant, Monsieur le Président, que le Bureau et le Comité de la Société en jugeront ainsi et se trouveront d'accord avec la Société elle-même pour inaugurer l'enquête importante que je propose, je vous prie d'agréer l'assurance de ma considération distinguée.

« Georges Salomon. »

Cette lettre est accompagnée d'un exposé de la question, mais qui est arrivé trop tard pour pouvoir être soumis au Comité en temps utile. Le Comité l'examinera, et, après étude, prendra une décision qui sera portée à la connaissance de la Société dans la prochaine séance.

M. Mallet a la parole pour l'exposé d'une note de M. Colladon sur les machines perforatrices à rotation.

M. A. Mallet donne lecture de la note suivante de M. Daniel Colladon sur les perforateurs rotatifs à diamant, inventés par M. G. Leschot de Genève, et sur d'autres perforatrices rotatives à pointes d'acier.

La plupart de nos anciens collègues savent que c'est à M. Georges Leschot, père de l'ingénieur Rodolphe Leschot, sorti en 1859 de l'École centrale, que l'on doit l'invention de l'emploi des fragments de diamants noirs amorphes, ou *carbonados*, du Brésil, pour perforer les roches, invention qui, depuis vingt années, a rendu d'importants services à des entreprises de travaux souterrains, de carrières et surtout de sondages et de puits de mines pour des recherches de houille, ou de richesses minérales.

L'origine de l'invention de M. Leschot, n'ayant reçu aucune publicité jusqu'à ce jour, il m'a paru intéressant d'entrer dans quelques détails sur l'époque et les péripéties principales de la découverte des perforatrices rotatives à diamant et d'insister sur les analogies frappantes de ces machines avec celles qui ont été présentées récemment comme constituant un système entièrement nouveau.

M. Georges-Auguste Leschot, qui vient de mourir, à l'âge de quatre-vingt-quatre ans, était doué d'un talent remarquable d'observation et d'invention, il était de plus un artiste praticien d'une singulière habileté. Son invention du perforateur à diamant avait été précédée d'une autre d'une extrême importance pour la fabrication des montres.

Un des plus grands problèmes de l'horlogerie moderne était, au commencement de ce siècle, la possibilité d'exécuter des machines et des outils assez parfaits de système et d'exécution, pour qu'on pût fabriquer des blancs et des mouvements de montres, identiques dans toutes leurs parties mobiles ou immobiles, de sorte qu'il fût possible de les échanger entre toutes les montres de même calibre.

En 1839, des Génevois fabricants d'horlogerie, connus par la perfection

de leurs produits, MM. Vacheron et Constantin se hasardèrent à entreprendre ce mode d'exécution des pièces de montres; connaissant le haut mérite de M. Leschot, ils demandèrent et obtinrent son concours.

Telle était la netteté de conception et la grande habileté pratique de M. Leschot, que les nombreux et délicats outils que nécessitait ce nouveau mode de fabrication, furent créés en moins de deux années et les résultats ont pleinement répondu, depuis lors, à ce qu'il était possible de désirer.

M. G. Leschot avait reçu en 1833 de M. Abraham Constantin, peintre du roi Louis-Philippe à Sèvres et à Rome, des plaques de porphyre rouge d'Égypte, présentant à leur surface plane de fines stries parallèles; ces stries examinées à la loupe avaient l'apparence et la netteté de celles qu'un burin d'acier trempé taillerait sur du bronze ou du fer; il en conclut que les stries de ces plaques devaient avoir été entaillées par des burins d'une substance beaucoup plus dure que le porphyre, probablement par des pointes en diamant.

Cette supposition, dont il avait souvent fait part à ses amis, lui parut plus admissible lorsqu'en 1850-1851 on commença à répandre dans le commerce des diamants amorphes colorés en gris noirâtre assez semblables à des fragments de coke de cornues, d'où leur nom de diamants noirs, ou carbonados du Brésil. Ces diamants impropres à la bijouterie ont une dureté supérieure à celle des diamants d'ornement et leur prix était relativement très peu élevé, environ deux à quatre francs le carat de 206 milligrammes.

A la fin de 1861, M. Rodolphe Leschot, fils de Georges, était employé par MM. Vitali Picard et C[ie], constructeurs de chemins de fer en Italie. Ces entrepreneurs avaient à percer un tunnel dans une roche très dure.

M. Rodolphe Leschot écrivit à son père, en février 1862, pour le consulter sur la possibilité de percer des trous de mines par l'emploi de perforateurs armés de fragments de diamant noir.

Ce fut à la suite de cette demande que M. Georges Leschot imagina la perforatrice à diamant, telle qu'elle a été généralement employée depuis. Il eut l'idée, pour économiser le travail, de donner à l'outil perforateur la forme d'un cylindre creux, épais de quelques millimètres seulement, et d'armer son extrémité de huit ou dix menus fragments de diamant noir, solidement sertis dans la face antérieure de l'anneau, formant ainsi une espèce de couronne armée de pointes de diamant, destinée à découper un vide annulaire autour d'un noyau solide central, facile à briser ensuite.

Un engrenage moteur permet de donner à l'outil un mouvement rapide de rotation autour de son axe de figure, tandis que l'outil est poussé contre la roche à excaver, par une pression que les premières expériences démontrèrent devoir égaler quelques centaines de kilogrammes.

Un courant d'eau sous pression pénètre dans la cavité centrale de l'outil et chasse à l'extérieur les débris de la roche triturée. Il va sans dire, et ce fait n'avait pas échappé à M. Leschot, que, dans des roches de dureté

moyenne, les fragments de diamant peuvent être remplacés par des pointes en acier.

M. Rodolphe Leschot était retenu en Italie, et M. G. Leschot, de son côté, absorbé par ses occupations dans la maison d'horlogerie, confia ses idées à un habile constructeur, élève de Gambey, M. Séchehaye, en le chargeant de préparer un premier appareil rotatif pour un essai provisoire.

Cette première machine, essayée en mars 1862, démontra que l'avancement par tour ne devait pas dépasser un quart ou un cinquième de millimètre et que la pression contre la roche pour un outil armé de huit fragments de diamant et destiné à percer des trous de mine de 50 millimètres de diamètre, devait être élevée de 250 à 300 kilogrammes.

Un second appareil provisoire exécuté, d'après ces bases, put être essayé le 8 juin suivant, et M. G. Leschot eut la satisfaction de percer dans du granit, en une heure et demie, avec la force d'un homme, un trou annulaire de cinquante millimètres de diamètre et de trente-sept centimètres de profondeur. — Pour un essai provisoire, le succès était évident et le système Leschot pouvait être considéré comme une invention pratique appelée à de nombreuses applications industrielles importantes.

Un premier brevet fut pris en France le 19 juillet 1862, d'autres suivirent de près pour l'Italie, l'Angleterre, l'Amérique, etc.

Toute invention mécanique suppose à l'ordinaire une idée mère nouvelle, plus ou moins féconde, pour laquelle peuvent ensuite s'utiliser un grand nombre de procédés secondaires, ou accessoires, destinés à faciliter la mise en pratique, selon le but à accomplir.

C'est ainsi que la lampe d'Argand à mèche cylindrique, avec courant d'air à l'intérieur et tube aspirant qui l'active, a donné naissance à un nombre infini de modèles de lampes, variables de formes, se recommandant par quelques qualités utiles spéciales, mais qui conservent toutes nécessairement le courant d'air central et le tube de verre, et qui restent sous ces diverses formes, des lampes du système d'Argand, modifiées par Girard, Thiloriér, Carcel, Wronski, etc., etc.

Il en est de même pour les perforatrices Leschot, la base de son invention est un cylindre creux, dont la tête annulaire est armée de fragments d'une substance plus tenace que la roche que l'on veut excaver. Le creusement s'opère par un mouvement rotatif rapide du cylindre autour de son axe de figure, tandis que l'outil perforateur est poussé par une pression intense contre la roche en percement. Pendant l'action un courant d'eau pénètre sous pression dans la cavité intérieure du cylindre et ressort au dehors de sa circonférence en nettoyant la couronne des débris de la roche pulvérisée et en prévenant l'échauffement des pointes ou burins.

Il est facile de voir, d'après ces bases de l'invention Leschot, que la perforatrice fort ingénieusement construite de M. l'ingénieur A. Brandt, qui a été appliquée en 1878 au tunnel de Pfaffensprung, sur la ligne d'accès du côté nord du Saint-Gothard, et depuis 1881 au percement de la partie occidentale du tunnel de l'Arlberg, n'est cependant en réalité qu'une

variante de la machine Leschot, les pièces en sont plus fortes et plus volumineuses que dans les essais faits en 1862 à Paris et les pointes en diamant ont été remplacées par des pointes ou saillies en acier trempé. — La poussée contre la roche est produite par une pression hydraulique considérable, conformément aux principes admis par M. Brandt, postérieurement à 1870. Quelques années avant lui, en 1869, l'habile géologue Dr F.-M. Stapff[1] avait indiqué l'emploi de pointes en acier et la nécessité d'une pression considérable.

Voici cependant comment s'exprimait, il y a six ans, un auteur allemand, M. A. Riedler, qui fait autorité au delà du Rhin :

« Par sa machine hydraulique à perforer à rotation, *M. l'ingénieur Brandt a créé un nouveau système de machines à perforer et en général un système nouveau de perforation des roches.*

« Il est rare qu'une machine basée sur des principes entièrement nouveaux ait été, comme celle-ci, lancée dans le public après que les premiers essais l'ont fait reconnaître comme construite d'une manière juste et rationnelle.

« *La machine à perforer hydraulique à rotation est* ENTIÈREMENT CONSTRUITE D'APRÈS LES PRINCIPES NOUVEAUX, *dont la possibilité d'exécution a été jusqu'à présent généralement mise en doute*, etc. »

N'est-il pas inouï, qu'après tant d'expériences faites en public pendant l'année 1862 et après les innombrables applications faites en divers pays depuis près de vingt ans, avec la machine à rotation de M. Leschot et après les appareils hydrauliques imaginés par MM. La Roche Tolay et Perret pour faire mouvoir le perforateur Leschot, on puisse mettre en avant, dans une brochure signée par un auteur connu, de si incroyables affirmations.

Tandis que les littérateurs et les historiens allemands font preuve en général d'une si grande érudition sur les faits et les dates, les entrepreneurs d'outre-Rhin et leurs amis semblent vouloir, au contraire, méconnaître les droits de priorité les mieux établis.

Les entrepreneurs de l'Arlberg en particulier paraissent vouloir se distinguer par le sans-façon avec lequel ils cherchent à s'emparer des idées d'autrui. C'est ainsi, par exemple, que dans les comptes rendus sur le percement de ce tunnel commencé il y a moins de quatre années, ceux qui ont fourni les compresseurs d'air s'attribuent le mérite d'avoir introduit les premiers de l'eau à l'état de division dans l'intérieur des cylindres, tandis que les compresseurs d'air que j'ai fait établir aux deux extrémités du tunnel du Saint-Gothard depuis 1872, ont tous été munis, *sans aucune exception*, d'injecteurs d'eau à l'état pulvérulent dans l'intérieur des cylindres; il n'est pas inutile de remarquer à ce propos que pendant les deux années qui ont précédé le commencement des travaux de l'Arlberg, tous les ingé-

1. Voir la discussion entre M. le Dr Stapff et M. A. Brandt, dans le journal *Eisenbahn* de Zurich, 12 avril et 3 juin 1879.

nieurs et les entrepreneurs, sans aucune exception, qui désiraient concourir pour le percement futur de ce tunnel, avaient trouvé à Gœschenen et à Airolo, l'accueil le plus libéral et toutes facilités pour examiner à loisir les machines qui fonctionnaient depuis 1872 au grand tunnel du Saint-Gothard.

M. le géologue Stapff, sept ou huit années avant que M. Brandt eût construit sa machine, avait insisté en 1869 sur ce principe : que les outils destinés à forer des roches dures par des pointes d'acier, doivent presser la roche avec une puissance d'au moins 3,000 kilogrammes, parce que, sous cette forte pression, la pierre est enlevée par très menus fragments et que l'acier s'use peu, tandis que sous une pression plus faible, les pointes d'acier n'enlèvent que de la poussière et s'usent assez rapidement. Il doit se passer, selon moi, pendant ce burinage de deux corps inégalement durs, un fait assez complexe, dans lequel la dureté et la ténacité du métal ont chacun un rôle distinct. — Un corps plus tenace que la pierre à excaver, mais moins dur que cette pierre, par exemple de l'acier agissant sur du granit, pourra, sous une pression considérable, buriner le granit et s'user peu, parce que les particules des deux corps, sous ce puissant contact, adhèrent les unes aux autres, et que, par le mouvement, les moins tenaces se brisent ; c'est là, il me semble, la véritable explication des faits signalés par M. F. Stapff et reconnus après lui par M. A. Brandt.

Remarquons en outre que ce n'est pas seulement pour les perforateurs rotatifs à pointes d'acier que ces fortes pressions semblent utiles ou nécessaires. Dès 1862, MM. Leschot et Séchehaye avaient été amenés par leurs expériences, à exercer des pressions de 250 à 300 kilogr. de leur perforatrice à diamant contre les nombreuses pierres dures qu'ils avaient réussi à perforer. Or dans ce cas, la pression des pointes de diamant s'exerçait contre une surface totale d'un quinzième ou d'un dixième au plus de centimètre carré ; cette pression était donc à fort peu près la même, par unité de surface, que celle que MM. Stapff et Brandt ont reconnue la plus convenable quelques années après M. Leschot, pour la perforation des roches dures par des pointes d'acier.

J'avais obtenu dans les États sardes, un droit de brevet remontant au 30 décembre 1852, pour la perforation des tunnels par des procédés nouveaux, basés sur l'emploi de l'air comprimé et j'avais établi depuis, en Savoie, à Étrembières, au pied du mont Salève, un atelier complet de perforation des trous de mine par l'air comprimé, afin de maintenir mes droits de breveté.

En 1857, je m'étais occupé d'appareils nouveaux pour agrandir le fond des trous de mine par l'emploi de pointes d'acier agissant à l'extrémité d'appareils rotatifs [1]. En vue de ces expériences, j'avais fait, dans l'atelier

1. A cette époque on ne connaissait pas encore l'emploi de la dynamite pour le sautage des roches et l'emploi de la poudre avait ce grave inconvénient pour la perforation des tunnels de laisser assez souvent intact un culot correspondant à la partie profonde du trou de mine, la dynamite n'ayant pas cet inconvénient, j'ai abandonné ces expériences pour l'agrandissement du fond des trous.

de M. Séchehaye à Genève et avec son aide, une première série d'expériences sur le rabotage des roches dures par un crochet, ou burin d'acier. Nous avions reconnu, dès cette époque, l'importance d'une très forte pression de l'outil contre la pierre.

D'autres occupations et une mission industrielle importante de longue durée m'ont empêché de poursuivre ces essais, mais ce mode d'expérimentation, qui me paraît encore le meilleur et le plus exact, mériterait bien d'être repris par un expérimentateur qui pourrait multiplier ces essais et y consacrer beaucoup de temps. Les résultats obtenus seraient d'un haut intérêt.

En 1862, M. G. Leschot, après avoir pris des brevets en plusieurs pays, laissa à son fils Rodolphe, secondé par M. Ch. Séchehaye, le soin de poursuivre les essais; ces Messieurs se rendirent à Paris, où ils firent construire un mécanisme plus solide et plus complet pour des expériences publiques qui furent continuées depuis juillet jusqu'à fin décembre 1862 (voir fig. 2), expériences auxquelles assistèrent un très grand nombre d'ingénieurs de divers pays[1] et dont les résultats furent jugés extrêmement remarquables.

Dans le calcaire on put avancer de 2 mètres par heure et dans le granit de 15 à 20 millimètres par minute, ou en moyenne plus d'un mètre par heure avec une puissance motrice qui ne dépassait pas celle de un ou deux forts manœuvres.

Depuis cette époque, les perforatrices industrielles par le système Leschot ont été pratiquées dans une multitude de pays, mais très spécialement en Allemagne, en Angleterre et en Amérique.

On peut voir, dans une notice publiée dans le *Mining Journal* du 17 octobre 1874, des détails sur divers travaux faits en Angleterre avec la perforatrice Leschot et notamment pour le creusement de puits, dans le district de Darlington, jusqu'à 1,264 pieds anglais et 1,014 pieds de profondeur, avec des prix variables selon l'approfondissement. — Dans des puits creusés en 1874 et 1875 près de Rheinfelden, canton d'Argovie, pour des recherches de gisements de houille, on a été jusqu'à 1,422 pieds anglais dans un temps assez limité. M. Schmidtmann, l'entrepreneur, offrait de percer par le diamant des trous de sonde, jusqu'à 2,300 pieds et plus de profondeur.

C'est surtout en Amérique qu'un très grand nombre de travaux et de sondages importants ont été et sont encore exécutés par le système Leschot. Les innombrables puits à pétrole de la Pensylvanie sont presque exclusivement forés par le perforateur Leschot. Le fameux écueil de Hellgate, à l'entrée du port de New-York, a été entièrement excavé et fouillé en tous sens, par les *diamond drills* en vue de sa destruction par la dynamite.

Si le diamant noir se retrouvait en abondance et reprenait son ancien

1. MM. Mercier, Pauque, Charles, Borel, Laurent et Degousée, Tamisier, Klein, Lechatelier, Gruner, Burat, Comte-Sarrazin, Aquétant, Salvetat, etc., et plusieurs ingénieurs étrangers. — Le 20 novembre ces expériences furent répétées devant un groupe nombreux d'élèves de l'École centrale.

prix de 1862, les applications des procédés Leschot se multiplieraient bien davantage.

Il s'en est fallu de peu que la perforatrice Leschot ne fût appelée à jouer un rôle actif au grand tunnel du Saint-Gothard.

En février 1872, après que M. L. Favre, qui désirait concourir à son exécution, m'eut demandé d'être l'ingénieur-conseil de l'entreprise, dans le cas où il deviendrait adjudicataire, nous eûmes de nombreux pourparlers sur le système de perforateurs qu'il conviendrait d'employer ; on savait déjà que ce tunnel rencontrerait des bancs de serpentine et d'autres roches très dures. M. L. Favre penchait pour utiliser les perforatrices à diamant. — Il avait vu travailler les perforatrices Sommeiller et il s'effrayait de leur prix élevé et surtout de leur complication et des incessantes et coûteuses réparations qu'exigeait leur emploi. Nous eûmes alors de nombreuses conférences avec MM. G. Leschot et Séchehaye.

M. Leschot, chez qui la sincérité et le peu d'ambition étaient des traits caractéristiques, objectait le haut prix des diamants noirs, qui, au lieu de 4 ou 5 francs le carat, valeur en 1862, coûtaient 27 à 28 francs, prix disait-il, qui s'élèvera rapidement, si on en fait une consommation plus considérable.

Cette opinion de l'inventeur et l'occasion que j'eus de faire l'essai au tunnel de Bellegarde, d'une nouvelle perforatrice américaine, supérieure comme simplicité, légèreté et rapidité d'action, à celles qu'on avait employées au Fréjus, décidèrent M. Favre à renoncer momentanément à de nouvelles tentatives par les procédés Leschot.

Lorsque, en juillet 1872, six sociétés concurrentes se présentèrent pour demander la concession à forfait de l'entreprise, l'une de ces sociétés, à la tête de laquelle était le colonel Beaumont, devenu célèbre depuis par ses travaux d'excavation sous la Manche, annonçait qu'elle emploierait tout spécialement la perforation par les machines rotatives à diamant, mais peu avant l'adjudication elle se retira du concours.

M. Leschot n'a pas réalisé les avantages pécuniaires que semblait promettre sa remarquable invention ; trop absorbé par ses travaux en horlogerie, il avait abandonné à son fils l'exploitation de ses brevets ; après la mort de M. Rodolphe Leschot, il abandonna cette poursuite et laissa d'avides concurrents exploiter ses procédés, sans essayer de les attaquer en contrefaçon et d'en exiger des indemnités. — Les querelles et les procès étaient antipathiques à cette nature généreuse et bienveillante.

RÉSUMÉ.

En 1833, M. G. Leschot observant à la loupe les fines stries d'une plaque de porphyre d'Égypte, reconnaît qu'elles n'ont pu être produites par le frottement de sable, d'émeri, etc., il affirme qu'elles ont été faites par un burin d'une substance plus dure que le porphyre, probablement une pointe de diamant, il communique cette observation à un grand nombre de per-

sonnes. A cette époque le carbonado était complètement inconnu en Europe.

En 1857, M. Colladon, aidé de M. Séchehaye, fait dans l'atelier de ce mécanicien à Genève avec le crochet ou burin en acier d'une machine à raboter les métaux, des expériences sur le rabotage des roches dures et il reconnaît que l'effet utile augmente notablement avec l'intensité de la pression. Il fait à la même époque, au pied du mont Salève, à Étrembières, des essais pour chambrer le fond des trous de mine et augmenter l'effet du sautage à la poudre.

De 1850 à 1861, les diamants noirs venant du Brésil s'introduisent en Europe et leur valeur ne dépasse pas 4 à 5 francs le carat.

En février 1862, M. G. Leschot, sollicité par son fils, ingénieur employé à la construction des chemins de fer italiens, invente un perforateur annulaire, armé de quelques fragments de diamants noirs, pour forer les trous de mines dans les roches dures.

Une machine exécutée à Genève, en juin 1862, sous sa direction, donne des résultats si avantageux, que M. Leschot fait prendre des brevets en France, en Italie, en Angleterre, en Amérique, etc., et il en confie l'exploitation à M. Rodolphe Leschot et à M. Séchehaye.

Ces deux messieurs s'installent à Paris, et là, ils exécutent avec un grand succès, de juillet à fin décembre, de nombreuses séries d'expériences devant des ingénieurs français et étrangers. — On constate dans toutes ces expériences, que cette perforation exige pour donner de bons résultats, une pression de 250 à 300 kilogrammes sur les huit fragments perforateurs. De 1862 à 1869, l'usage des perforateurs système Leschot se propage en divers pays.

A l'exposition de Paris de 1867, MM. La Roche-Tolay et Perret font travailler un appareil Leschot avec un moteur rotatif hydraulique, fort ingénieux et peu volumineux.

En 1869, le savant géologue docteur F.-M. Stapff, publie un traité sur les machines à perforer, il s'occupe des machines à rotation, et en comparant l'effet des barres à mine avec les machines rotatives, il conclut que, pour le forage rotatif efficace des roches dures par des pointes d'acier, une pression de 30 à 60 kilogrammes par millimètre carré est nécessaire. Il donne la préférence aux perforateurs annulaires.

En 1877, M. A. Brandt entreprend le percement d'un tunnel en hélice à Pfaffensprung, avec une perforatrice annulaire qui attaque la roche par un anneau métallique armé de pointes d'acier. Sa machine est utilisée au tunnel du Sonnenstein, en Autriche, et à la partie occidentale du tunnel de l'Arlberg.

Cette machine, sous le rapport de la cinématique, offre des choses intéressantes, mais ce n'est, quant au principe, qu'une machine du système Leschot et qui en reproduit les bases essentielles. Elle ne peut lutter que dans certains cas restreints, avec les perforateurs ordinaires, bien plus faciles à manier et à transporter.

En 1884, les perforatrices Leschot servent à un nombre considérable de travaux. Par leur usage on continue à percer rapidement et économiquement des trous de sonde jusqu'à des profondeurs de 600 à 800 mètres. Les perforatrices à pointes d'acier de M. Brandt n'ont pas encore creusé de trous de sonde valables et malgré le prix excessif actuel du carbonado, on peut être absolument certain que la perforation par le diamant dominera longtemps encore dans le système rotatif pour les trous de sonde.

Fig. 1.

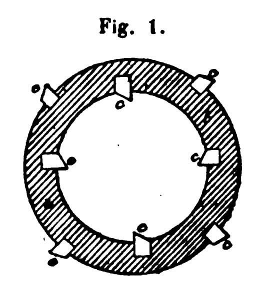
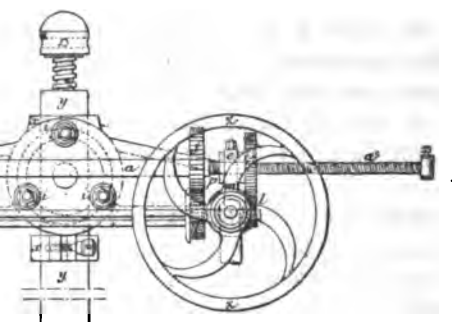


Fig. 2.



Légende pour le perforateur de M. Georges Leschot employé en 1862.

a' Vis terminant le tube *a* et faisant avancer la couronne de droite à gauche, au moyen de l'écrou *p*.

a Tube creux de fer ou d'acier auquel s'adapte la couronne.

b Bague ou couronne d'acier, armée de pointes en diamant à l'extrémité de *a*.

c Fragments de diamant sertis dans la couronne *b*.

d et *e* Coussinets pour maintenir le tube *a*

f et *g* Roues imprimant au tube *a* un mouvement de rotation continu.
h, *l*, *m* Roues imprimant un mouvement d'avancement longitudinal.
p Écrou.
x Douille mobile sur laquelle se fixe l'appareil.
y Montant vertical sur lequel la douille peut se mouvoir librement.
i, *i*, *i* Boulons permettant d'incliner l'appareil de 0 à 180°.
z Poulie pour transmettre le mouvement.

M. le Président rappelle que la communication que M. Mallet a bien voulu exposer est de notre bienveillant collègue, M. Colladon, si favorablement connu parmi nous, et c'est eu égard à cette considération que M. le Président a cru devoir la faire présenter, bien qu'elle ne fût pas portée à l'ordre du jour.

M. Brüll a la parole pour la communication d'une note de M. Crampton relative aux avantages des longs tunnels à trois ouvertures, au point de vue de la construction, de la ventilation et de l'exploitation.

M. Brüll rappelle qu'en octobre 1882, M. Crampton a présenté à la Société un système de creusement du tunnel sous la Manche à l'aide d'appareils hydrauliques. M. Crampton a continué à étudier les diverses questions que fait naître cet important projet et a prié M. Brüll de faire connaître à la Société les moyens qu'il propose pour assurer l'aérage du tunnel.

M. Brüll explique le système imaginé par M. Crampton à l'aide de dessins tracés au tableau et par la traduction d'une note présentée par l'auteur à l'Association britannique.

Pour le creusement et l'exploitation de tunnels de plus de 30 kilomètres de longueur, les conditions qui s'imposent paraissent être les suivantes :

Construire les tunnels de manière que le trafic puisse s'y exercer avec la plus grande sécurité et la plus grande commodité pour les voyageurs ; que les ouvriers chargés de l'entretien de la voie puissent travailler dans une atmosphère saine, tout en étant le moins exposés possible du fait de la circulation des trains, et, que les dépenses de premier établissement soient le moins élevées qu'il se pourra.

Jusqu'ici pour un trafic actif on n'a employé en général que des tunnels uniques à deux voies : cependant on a fait aussi deux petits tunnels parallèles à simple voie. M. Crampton propose l'emploi de trois tunnels parallèles et d'égale section, soit de 5m,19 de diamètre, à simple voie, espérant ainsi non seulement obtenir un prix d'établissement moindre qu'avec un seul tunnel de 9m,15 à double voie, mais encore réaliser le maximum d'avantages et le minimum d'inconvénients.

On suppose l'emploi des types bien connus de locomotives chauffées à la houille ou au coke, qui comporte un aérage artificiel, car, jusqu'à ce jour, aucun autre système n'a été mis en service d'une façon pratique dans de grands tunnels de façon à justifier l'abandon du système ordinaire.

Les tunnels devraient être toutefois construits de manière à permettre l'application d'autres moteurs que les locomotives ordinaires, et il n'est pas téméraire d'espérer qu'on pourra recourir pratiquement un jour à des moyens de traction qui ne développeraient pas de gaz nuisibles et n'exigeraient que peu de ventilation artificielle. Si cette éventualité vient à se réaliser, les trois tunnels pourront servir tous au passage des trains et fournir par suite une troisième voie sans surcroît de dépenses.

On peut remarquer que les tunnels doubles, de la longueur qui vient d'être indiquée, où les ouvriers de l'entretien doivent pouvoir se garer des trains, devraient recevoir de ce fait un certain supplément de largeur. M. J.-C. Hawkshaw, dans un mémoire de 1882 sur un long tunnel proposait de construire entre deux puits verticaux, distants de 32 kilomètres, un tunnel de 9^{m},15 de large, présentant pour le trafic une section transversale de 43,72 mètres carrés. La moitié environ de l'air nécessaire à la ventilation passe à travers une grande chambre de 9,86 mètres carrés de section réservée au plafond du tunnel. L'air pénètre dans cette chambre par les deux extrémités, les deux courants se rencontrent au milieu de la longueur et s'introduisent en ce point dans le tunnel d'exploitation. L'autre moitié de l'air pénètre dans ce tunnel par ses deux bouches, le parcourt dans l'un et l'autre sens en marchant à la rencontre des premiers courants qu'ils rencontrent à peu près à mi-chemin. Le tout passe par un tunnel d'aérage séparé par lequel l'air et les gaz sont aspirés et dirigés vers une issue convenable.

Le système de M. Crampton peut se décrire d'une manière générale comme suit :

Trois tunnels séparés courent parallèlement; chacun d'eux a des dimensions suffisantes pour la circulation d'un train, soit 5^{m},19 de diamètre ou 21,16 mètres carrés de section. Deux de ces trois galeries sont affectées ensemble à l'exploitation et lui offrent ainsi une section transversale de 42,31 mètres carrés.

Vers le milieu de leur longueur, les trois galeries sont réunies entre elles par de larges passages, de façon que l'air puisse communiquer librement entre elles. A peu près à mi-chemin entre le milieu et chacune des deux extrémités du tunnel, on pratique une chambre transversale soit au-dessus soit au-dessous des trois galeries. Des communications séparées sont établies entre cette chambre et chacune des trois galeries du tunnel, et ces communications sont munies de portes ou de valves n'interceptant en rien dans leur manœuvre la section transversale des tunnels. En fermant deux quelconques de ces trois portes, on peut isoler en ce point les deux galeries correspondantes de la troisième.

La chambre transversale est reliée par des dispositions appropriées à un appareil d'aérage capable d'aspirer l'air et les gaz de cette chambre. Si deux galeries sont en communication avec cette chambre, tandis que la troisième en est séparée par la fermeture des portes, l'air vicié sera extrait des deux galeries en exploitation à travers les prises d'air qui les relient

à la chambre, tandis que l'air frais sera appelé en partie par les puits verticaux des extrémités et en partie par le centre où il arrivera par l'un des puits verticaux qui communiquent avec ce point par la troisième galerie. On pourra fouler de l'air par ce puits et fermer la galerie par une porte du côté extérieur, de manière à diriger le courant vers le milieu du tunnel.

Au contraire il circule dans le troisième tunnel tant qu'il sert de voie d'air. Les portes qui existent de même sur les deux autres galeries sont tenues ouvertes tant qu'on n'a pas besoin de transformer l'une d'elles en galerie d'aérage ; on n'a pas à craindre de la sorte que ces portes puissent gêner la circulation des trains.

A l'aide des valves, chacun des trois tunnels pourrait être employé à son tour comme galerie d'air frais. Les ouvriers chargés de l'entretien y seraient à l'abri des dangers venant de la circulation des trains. Les deux autres galeries serviraient au trafic et à la sortie de l'air mêlé de gaz. En cas d'accident survenu à un train sur l'une des trois voies, on la convertirait aussitôt en voie d'aérage et on éviterait tout retard en faisant passer le trafic par la galerie qui servait pour l'arrivée de l'air.

Le système qui vient d'être décrit pour diviser l'air et aspirer les gaz nuisibles ressemble assez, comme on le voit, à celui que proposait M. Hawkshaw, les valves et autres détails étant ajoutés, pour rendre le système applicable à un tunnel triple. Mais on pourrait évidemment recourir à d'autres modes de ventilation.

Pour diminuer le nombre d'hommes travaillant dans le tunnel, on propose de ne pas adopter pour la construction de la voie, le système du ballast et des traverses, mais bien de lui substituer les longrines en bois en fixant celles-ci sur une fondation en briques ou en béton qui fera corps avec le revêtement des galeries. On placerait une matière suffisamment élastique entre les longrines et la maçonnerie sur toute la surface d'appui et aussi entre les rails et les longrines. Une rigole serait disposée, entre les rails, de façon que toute quantité d'eau qui surviendrait s'écoule sur des surfaces unies et tombe dans cette rigole par de petits canaux, et que le tunnel reste sec des deux côtés du caniveau.

L'économie de main-d'œuvre d'entretien, si ce système peut être employé, est si évidente qu'on peut sans crainte affecter une somme importante à la recherche d'une matière élastique convenant à cette application. Il y a des données relatives à plusieurs grands viaducs qui justifient l'institution d'expériences pour résoudre cette question, et il n'est pas téméraire d'espérer la découverte d'une matière qui réponde aux conditions du problème posé. Il convient d'observer qu'il faudrait prendre grand soin d'empêcher les mouvements verticaux entre les longrines et leur fondation.

Dans les tunnels de très grande longueur, rien ne doit être épargné pour réduire au strict minimum le nombre des travailleurs.

On peut admettre que pour des tunnels percés dans des roches compactes, lorsqu'on établira des fondations convenables pour recevoir les lon-

grines, de façon qu'il ne se produise pratiquement pas de mouvement vertical, avec une matière élastique convenable entre les longrines et la maçonnerie et entre les rails et les longrines, on arriverait à économiser la moitié des ouvriers qu'exige le système ordinaire des traverses posées sur ballast, spécialement lorsque les travaux d'entretien seront faits en bon air et à l'abri du trafic, comme il a été expliqué.

Pour comparer le système de construction à trois galeries avec le système usuel, il convient de prendre les dimensions données par M. Hawkshaw pour bases du calcul, surtout parce que M. Crampton propose d'appliquer pour l'aérage des trois tunnels les idées de cet ingénieur.

Les cubes de roche à abattre et de maçonnerie à construire seront, pour l'un et l'autre cas, les suivants, savoir :

Pour le tunnel simple : diamètre 9^m,15; épaisseur du revêtement 0^m,91, soit avec la chambre à air 29,766 mètres cubes de maçonnerie par mètre linéaire; vide à excaver 11 mètres de diamètre plus la chambre à air : 93,6 mètres cubes par mètre linéaire.

Pour le tunnel triple, diamètre 5^m,19, revêtement 0^m,46; 25,8 mètres cubes de maçonnerie par mètre courant. Vide à l'extérieur de la maçonnerie 88 mètres cubes par mètre courant.

On a admis que trois tunnels de 5^m,19 présenteront moins de risques de construction, une plus grande solidité et une forme plus convenable qu'un seul tunnel de 9,15 de diamètre bien qu'il n'y ait pas de difficulté à construire ce dernier. On a vu par ce qui précède que le triple tunnel présente sur le tunnel unique une économie de 21 pour 100 sur le revêtement et d'environ 6 pour 100 sur l'abatage.

En ce qui concerne l'aérage, on sait que le travail nécessaire pour refouler l'air dans une galerie est pratiquement proportionnel au cube de la vitesse; et comme la section de passage à travers le canal d'aérage du tunnel unique est de 9,86 mètres carrés avec une vitesse de 16 kilomètres à l'heure, tandis qu'elle est de 21,20 mètres carrés, soit plus du double dans la galerie d'aérage du tunnel triple, ce qui donne une vitesse de moins de 8 kilomètres à l'heure, il suit que le travail consommé pour l'amenée de l'air sera huit fois moindre.

Quant au travail mécanique nécessaire pour faire parcourir à l'air les tunnels où circulent les trains, il sera sensiblement égal dans les deux cas, les vitesses étant à peu près égales; soit environ 4 kilomètres à l'heure. Le tunnel unique a en effet une section de 43,72 mètres carrés, et deux galeries du tunnel triple ont 41,85 mètres carrés de section transversale.

L'auteur s'est rendu compte que l'augmentation des sections d'amenée d'air qui vient d'être indiquée permet, d'après les formules usuelles de réduire à 170 chevaux pour le tunnel triple la dépense de force nécessaire à l'aérage qui s'élève pour le tunnel unique à 480 chevaux. Ce serait une économie de près des deux tiers.

On a aussi suggéré de ventiler deux tunnels de la longueur proposée en faisant circuler le courant d'aérage sur la longueur entière des tunnels.

Des portes seraient placées en travers d'une extrémité de chaque tunnel et on les enlèverait au passage de chaque train. On concevrait difficilement qu'une telle disposition pût être adoptée en tant qu'on pourrait l'éviter. Le travail nécessaire pour faire circuler une quantité d'air convenable pour l'aérage, par exemple, pour un trafic de 48 trains en 24 heures, chiffre admis pour le tunnel triple, serait beaucoup plus considérable, et la vitesse du courant dépasserait 16 kilomètres à l'heure; elle serait quadruple de la vitesse de 4 kilomètres qui suffirait dans l'autre cas.

Dans l'étude de cette question, il n'a pas été fait allusion à la ventilation naturelle qui serait utilisée dans chaque cas suivant les circonstances. Le but de M. Crampton a été seulement de montrer rapidement que le système à trois galeries peut présenter, dans les conditions indiquées, des avantages que l'on ne pourrait aisément réaliser par l'emploi de deux galeries ou d'un tunnel unique.

M. le Président remercie M. Brüll d'avoir bien voulu se charger d'exposer la note de M. Crampton et ses idées sur le mode de construction des longs tunnels. Une discussion devrait naturellement s'ouvrir sur ce sujet, mais M. Crampton, qui a le désir d'y assister pour donner lui-même les explications nécessaires et répondre aux objections, n'a pu encore se rendre parmi nous; cette discussion sera remise au moment opportun.

M. Périssé donne communication de son étude sur le *Prix de revient des machines en France, en Angleterre, en Allemagne*, avec conclusions au point de vue de l'importation et de l'exportation (Voir le Mémoire page 293).

M. le Président remercie M. Périssé d'avoir bien voulu nous donner la primeur de son très intéressant travail, qui sera inséré *in extenso* dans le Bulletin de la Société, dans lequel on trouvera des renseignements précieux au sujet de la crise industrielle actuelle. Dans le cours de sa communication, M. Périssé émet le vœu que les compagnies des chemins de fer français créent des abonnements en faveur des ouvriers, et il a indiqué la compagnie d'Anzin comme ayant seule jusqu'ici pris cette mesure. M. le Président rappelle que la compagnie de l'Est a déjà fait une application dans ce sens dans la Moselle, en faveur des ouvriers qui travaillent dans les chantiers. Il ajoute que, sur la ligne de Vincennes, il y a des *trains d'ouvriers;* ceux-ci n'ont pas, il est vrai, répondu à ce que l'on attendait, et la Compagnie étudie un système d'abonnement qui consisterait à délivrer aux ouvriers des billets d'aller et retour valables pendant une semaine, à raison d'environ 0 fr. 01 par kilomètre. Ces prix sont excessivement réduits; ainsi il correspondent, pour Paris à Reuilly (2 1/2 kilomètres) à 0 fr. 90 par semaine aller et retour; Paris à la Varenne (17 kilomètres), 2 fr. 60 par semaine. M. le Président ajoute que ces billets d'abonnement pourront être utilisés, dans les voitures de 2e classe, pour deux trains du matin et trois trains du soir, et répondront ainsi beaucoup mieux aux besoins que les trains spéciaux actuels qui ne contiennent que des voitures

de troisième classe et partent à heure fixe. M. le Président espère que cette nouvelle mesure présentera de grands avantages et résoudra dans une certaine limite la question à l'étude des logements à bon marché qui n'a encore reçu aucune solution.

MM. Ameuille, Bonnet, Boutain, Challiot, Grosselin, Horsin-Deon, Postel-Vinay et Revaux ont été reçus membres sociétaires :

La séance est levée à dix heures trois quarts.

BANQUET COMMÉMORATIF

DU 36e ANNIVERSAIRE DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

Le banquet commémoratif du 36e anniversaire de la fondation de la Société a eu lieu le mardi 4 mars à l'hôtel Continental, sous la présidence de M. Louis Martin.

132 convives assistaient à ce banquet.

Au dessert, M. le Président donne lecture de la dépêche suivante adressée par M. Frédéric Schmidt, conseiller supérieur, président de la Société des Ingénieurs et architectes de Vienne :

J'ai l'honneur de présenter au nom de la Société des Ingénieurs et architectes d'Autriche, nos salutations empressées et nos souhaits confraternels aux collègues Français réunis au banquet commémoratif de la fondation de la Société des Ingénieurs civils.

Il est également donné lecture d'une dépêche de M. Daniel Colladon, de Genève, qui nous adresse ses meilleurs compliments.

M. le Président prononce ensuite l'allocution suivante :

Messieurs,

A pareil jour, il y a un an, nous célébrions ici, pour la première fois, l'anniversaire de la fondation de notre Société des Ingénieurs civils ; et il entrait bien dans la pensée des promoteurs de la réunion et particulièrement dans celle de notre Président d'alors, M. Marché, qu'elle ne serait pas une manifestation isolée, qu'elle se renouvellerait chaque année.

L'idée était heureuse ; elle fut bien accueillie et l'empressement que vous

avez mis à répondre à l'appel qui vous a été fait, pour la seconde fois, montre qu'elle était dans l'esprit de tous.

Que nos collègues reçoivent donc nos remerciements, car c'est à leur initiative que nous devons de nous retrouver, encore aujourd'hui, réunis en famille.

J'emploie à dessein ce mot de famille parce qu'il exprime bien le caractère particulier de notre association, laquelle, sous les plis d'un même drapeau, groupe tous les Ingénieurs civils qui, quelle que soit leur origine, unissent tous leurs efforts pour étudier en commun, au profit de tous, les questions intéressant la science et ses applications.

De telles réunions, dont la contrainte est exclue, où règne l'abandon, l'intimité et la gaieté sont bien faites pour rapprocher des hommes qui, destinés à s'entendre, s'apprécient d'autant mieux qu'ils se connaissent davantage.

Quel résultat est plus désirable à obtenir que le maintien du bon accord entre nous; quel but est plus digne d'être atteint.

Permettez-moi donc, Messieurs, de boire à la prospérité et au développement de notre amicale association, et laissez-moi souhaiter que, pendant de nombreuses années, il nous sera donné de nous réunir à semblable époque, et de nous trouver toujours plus nombreux, comme aussi toujours plus fortement unis.

Messieurs,

En parlant de notre grande famille, je pensais que certains de ses membres habitent l'étranger, que quelques-uns mêmes, sont de nationalité étrangère.

Les uns et les autres sont toujours de cœur avec nous, et, dans une circonstance récente plusieurs, auxquels s'étaient joints, des Ingénieurs des pays qu'un grand nombre de nous visitaient, ont montré combien ils étaient heureux de se rencontrer avec des camarades, des collègues, que les uns n'ont cessé d'aimer, que les autres estiment et apprécient.

Leur cordiale réception ne sera oubliée par aucun de ceux qui en ont été l'objet.

Donnons-leur donc un souvenir; qu'ils reçoivent de nouveau l'expression de nos affectueux remerciements.

Il nous sera permis, sans doute, de les recevoir à notre tour, et nous comptons sur vous tous pour fêter dignement cette heureuse circonstance.

En attendant, Messieurs, buvons à nos collègues, à l'étranger.

M. de Comberousse, vice-président, porte le toast suivant :

Mes chers Collègues, mes chers Confrères,

Je me lève pour porter un toast aux anciens Présidents de notre Société.

Mais vous me permettrez de répondre d'abord à notre excellent Président, — qui n'est pas encore un ancien, mais qui est en train de le devenir. — Je ne fais qu'appuyer vos applaudissements une seconde fois, en le remerciant de ses sages et généreuses paroles. Oui, nous resterons fraternellement unis, comme il nous le demande, sans distinction d'origine, et nous ne saluerons ici que le drapeau de notre studieuse Société.

Les noms de nos anciens Présidents nous en feraient un devoir, lors même que notre intérêt et notre avenir ne seraient pas indissolublement attachés à cette règle de conduite. Tous, depuis Eugène Flachat, en passant par Perdonnet, Callon, Petiet, Polonceau, Alcan, Vuigner, de Dion, pour ne citer que la plupart de ceux qui ne sont plus; tous ont voulu fonder et défendre notre profession, si importante et si élevée, parce qu'elle représente la science libre dans l'industrie libre, sans autres privilèges que ceux que peuvent conférer le travail et le talent.

Nous resterons fidèles à leur grande pensée, et nous nous efforcerons de la réaliser de plus en plus pour le bien de notre cher pays.

Depuis notre réunion du 4 mars dernier, nous avons eu le chagrin de perdre l'un de nos plus éminents Présidents, celui que nous pouvions regarder comme honorant, avec M. Tresca, notre titre d'ingénieur civil au sein de l'Académie des sciences. M. Yvon Villarceau a été enlevé à notre affection et à la science; mais ses travaux si originaux lui survivront, et notre Société ne l'oubliera jamais.

Mes chers Collègues, quand le passé se voile, il faut se tourner vers l'avenir. Nos nouveaux Présidents viennent remplacer les plus anciens et, comme eux, ils mettent tout leur dévouement, toute leur expérience et tout leur cœur, au service de notre Société. Le dernier d'entre eux, M. Ernest Marché, a fait comme ses prédécesseurs; c'est à lui que nous devons d'être réunis aujourd'hui; c'est à lui que reviendra l'honneur d'avoir inauguré ce banquet commémoratif de la fondation de notre Société, où nous pouvons nous retrouver, nous reconnaître, où les mains se serrent affectueusement, où les esprits se rapprochent et s'éclairent.

Laissez-moi le dire. C'est mieux et plus qu'un simple dîner de camarades. C'est la consécration d'une date d'émancipation; c'est aussi une preuve de réelle et fortifiante union et le signe de la prospérité désormais assurée de la Société des Ingénieurs civils de France.

Je n'aurais pas rempli tout mon devoir, si je n'avais pas saisi cette occasion de remercier M. Marché de son utile initiative.

Nous serions trop heureux si tous nos anciens Présidents étaient encore au milieu de nous. Du moins, nous pouvons porter la santé de ceux qui supportent vaillamment le poids de la vie, et saluer avec une respectueuse émotion le souvenir de ceux qui nous ont trop tôt quittés.

Aux anciens présidents de la Société des Ingénieurs civils.

M. MARCHÉ répond au nom des anciens présidents :

MES CHERS COLLÈGUES,

Il y a un an, à pareille date, c'était le plus ancien des anciens présidents dont la voix autorisée répondait au toast qui leur était porté.

Cette année, notre Président a voulu que cette mission fût confiée, au contraire, au dernier venu dans la phalange des présidents, au plus jeune des anciens.

Ce désir du Président vient d'être accentué par les paroles trop aimables, par lesquelles M. de Comberousse vient de terminer son toast éloquent... Ses arguments *ad hominem* me mettent dans l'impossibilité de me récuser.

Je m'exécute donc.

Je puis, sans les avoir consultés, vous dire au nom de mes prédécesseurs, comme au mien, qu'après avoir été vos élus, nous sommes restés vos débiteurs et que tous, nous avons quitté le fauteuil de la présidence avec le profond regret de ne pas avoir rendu à la Société tous les services que votre confiance nous imposait...

Plusieurs vous ont dit, tous ont pensé que la durée du mandat présidentiel et surtout les époques auxquelles il commence et il finit, les oblige à laisser inachevée l'œuvre dont ils avaient tracé le programme.

Au début, on fait l'apprentissage de la présidence, on formule un programme souvent trop large, on cherche à amener des travaux... puis les vacances surviennent et, à la rentrée, on entrevoit déjà la fin du mandat, l'élection du successeur, on a peut-être alors acquis un peu d'expérience et d'autorité, mais on n'ose plus s'en servir...

En ce qui me concerne, pourtant, mes chers collègues, le regret a été promptement effacé, parce que je savais que mon successeur ferait *plus et mieux*.

Mais ce qui est certain, c'est qu'au cours de l'année, vos sympathies, votre concours, votre déférence ne font jamais défaut au Président, qu'ils lui rendent la besogne de plus en plus facile, et c'est ce dont, au nom de vos anciens présidents, je saisis cette occasion de remercier tous les membres de la Société.

Cette année de présidence d'ailleurs, si courte par les services rendus comparés à tout ce qu'on rêvait de faire, n'en laisse pas moins un souvenir ineffaçable dans le cœur de chacun de vos Présidents. L'honneur que vous lui avez fait, la sympathie que vous lui avez témoignée, la notoriété et l'éclat de la Société dont il a eu le reflet, font de cette période le point culminant de sa carrière d'ingénieur civil, c'est, en un mot, *la plus belle année de sa vie*.

Et maintenant, Messieurs, dans une Société comme la nôtre qui a devant elle des perspectives à peu près indéfinies, il ne convient pas de s'attarder à regarder en arrière.

Je remercie donc de nouveau M. de Comberousse des souvenirs et des éloges qu'il vient d'adresser aux anciens Présidents, et en leur nom, à eux qui sont le passé, je bois au présent, au présent qui prépare l'avenir, et je vous propose *un toast au Président et au Bureau de l'année* 1884.

M. Tresca, président honoraire; invité par M. le Président à prendre la parole, dit qu'il ne peut que témoigner une fois de plus de l'intérêt qui, pour un homme de son âge, se rattache au développement d'une institution telle que la vôtre, à laquelle il lui a été donné de coopérer à plusieurs reprises; il s'estime heureux de s'être encore trouvé en cette circonstance à côté de M. Martin et de M. Laurens, nos collaborateurs dévoués de la Commission du Génie civil en 1870, et il fera tous ses efforts, croyez-le bien, pour rester en mesure de prendre part pendant longtemps encore à vos réunions cordiales. Sans doute cette occasion se retrouvera lors de la prochaine visite que nous ont promise les ingénieurs belges et les ingénieurs hollandais, auxquels nous chercherons, d'un commun accord, à faire au mois d'août prochain le plus sympathique et le plus utile accueil.

Séance du 21 Mars 1884.

Présidence de M. Louis Martin.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 7 mars est adopté.

M. le Président fait part du décès de MM. Stéphane Mony et du commandeur Quintino Sella.

M. Stéphane Mony était né à Paris en février 1800.

Après avoir fait ses études au lycée Bonaparte, il suivit, comme élève libre, les cours de l'École des mines de Paris qu'il quitta en 1822. Il s'occupa d'abord de recherches de mines et de sondage; puis il coopéra, en qualité d'ingénieur des travaux, à la construction du chemin de fer de Paris à Saint-Germain et à celui de Paris à Versailles, rive droite.

En 1840, il fut nommé directeur des houillères de Commentry et, en 1843, gérant des mines et usines de Commentry-Fourchambault.

Cette dernière société s'étant transformée en société anonyme, il est

devenu l'un de ses administrateurs et l'un de ses directeurs généraux. C'est dans cette situation que, dans le cours de sa quatre-vingt-quatrième année, et en plein exercice de ses fonctions, la mort est venue le frapper.

M. Mony, dans les différents écrits qu'il a publiés, a traité particulièrement les questions d'économie politique; l'un de ses derniers ouvrages intitulé *Etudes sur le travail*, est plein de considérations élevées, d'observations justes et pratiques.

Il faisait partie de notre Société depuis 1849 et il en a été le Président pendant l'année 1855.

Tous ceux qui l'ont connu ont apprécié la droiture de son caractère, sa bonté, son affabilité et sa perte sera vivement sentie parmi nous.

La Société a connu trop tard la mort de notre regretté collègue pour envoyer une délégation assister à ses obsèques, ce qui eût été vivement désirable. M. Ivan Flachat, l'un de nos Vice-Présidents, a bien voulu se charger de représenter la Société, en cette triste circonstance; qu'il reçoive tous nos remerciements.

M. Sella était né, en 1827, à Mosso, en Italie. Il fit ses premières études à Turin et les compléta, à Paris, à l'École des mines, qu'il quitta en 1854 pour rentrer dans son pays.

D'abord professeur de géométrie à l'Institut technique de Turin et professeur de mathématiques à l'Université de cette ville, il fut nommé membre du conseil supérieur de l'instruction publique, puis, en 1861, il aborda la vie politique comme sécrétaire général du ministère de l'instruction publique.

Il fut, en 1862, ministre des finances et revint aux affaires, à différentes reprises, en la même qualité. Son action, sur la prospérité des finances italiennes, fut heureuse.

Il laisse divers ouvrages traitant de la minéralogie, de la cristallographie, de la géologie et des mathématiques.

Il était, depuis 1875, l'un de nos membres honoraires.

M. le Président fait part à la Société de la lettre suivante qu'il a reçue du ministère des Travaux publics.

« Monsieur le Président,

« J'ai l'honneur de vous adresser sous ce pli une note reproduisant le résumé du programme de l'Exposition internationale d'hygiène qui doit se tenir à Londres à partir du 1er mai prochain.

« La Commission, instituée par M. le ministre du Commerce afin de favoriser la participation de nos nationaux à cette Exposition, désire tout particulièrement trouver auprès de la Société des Ingénieurs civils, une assistance spéciale pour l'œuvre dont elle a été chargée, œuvre qui doit

permettre aux ingénieurs français de montrer les importants progrès réalisés grâce à eux en matière sanitaire.

« Veuillez avoir l'obligeance de faire part de ce désir à la Société des Ingénieurs civils dans l'une de ses plus prochaines séances, et agréer, etc.

« *Le Commissaire général de la section française de l'Exposition internationale d'hygiène de Londres en* 1884.

« MARTIN. »

RÉSUMÉ DU PROGRAMME DE L'EXPOSITION INTERNATIONALE D'HYGIÈNE DE LONDRES.

Cette Exposition, à laquelle doivent coopérer les diverses nations étrangères, comprend les divisions suivantes :

I. *Hygiène.* — 1° Alimentation : substances animales et végétales préparées ou non préparées, boissons, nouvelles espèces d'aliments, la cuisine, chimie et physiologie des aliments et boissons, recherche des falsifications, maladies causées par celles-ci, parasites pathogènes d'origine animale et végétale que l'on trouve dans les aliments malsains, diététique, pratique, rations alimentaires dans l'armée, la marine, les prisons, les hospices, etc.; conservation des aliments; — 2° vêtement : imperméable, caoutchouc, gutta-percha, fourrures, histoire de l'habillement, spécimen de costumes nationaux, costumes de sauvages, de plongeurs, scaphandres, incombustibles, etc.; — 3° habitation : modèles de maisons aménagées suivant les prescriptions de l'hygiène, services d'eau, filtres, bains, égouts de maisons, éviers, élimination et destruction des ordures ménagères, water-closets et earth-closets, urinoirs, désinfection des vidanges, appareils de chauffage, de ventilation, d'éclairage, de sauvetage contre l'incendie; matériaux pour la construction de maisons salubres; — 4° écoles : construction, installation, mobilier, hygiène spéciale, appareils de gymnastique, exercices militaires; — 5° hygiène des ateliers et établissements industriels, hygiène des métiers insalubres, construction sanitaire et inspection des ateliers, usines et mines; — 6° météorologie.

II. *Éducation.* — Travaux et matériel relatif à l'enseignement : crèches, jardins d'enfants, écoles primaires, écoles d'enseignement secondaire, enseignement de la cuisine et des soins du ménage dans les écoles d'économie domestique, écoles industrielles, enseignement de l'art, des sciences et des métiers, écoles techniques et d'apprentissage, écoles d'aveugles et de sourds-muets.

L'Exposition ouvrira le 1er mai; exceptionnellement, les demandes d'admission des exposants français seront reçues jusqu'au 15 *avril.*

Pour tous renseignements, s'adresser à M. le Commissaire général de la

section française de l'Exposition internationale d'hygiène de Londres, au ministère du Commerce, boulevard Saint-Germain, 244.

M. le Président donne la parole à M. de Comberousse, qui a quelques mots à dire à ce sujet.

M. de Comberousse voudrait faire remarquer à la Société l'importance de la lettre qui vient d'être lue. Il est évident que les questions d'hygiène prennent aujourd'hui une grande place dans les préoccupations des médecins, des ingénieurs et des architectes; c'est qu'en effet, là se concentre un des grands problèmes de la vie matérielle, l'aménagement des constructions au point de vue de la propreté, de la salubrité, de la ventilation; conditions qui influent également sur la vie intellectuelle de notre être, au point que l'*hygiène physique* et l'*hygiène morale* pourraient être difficilement séparées. M. de Comberousse s'applaudit, à notre point de vue, que les hommes qui veillent à la santé de tous aient eu la bonne idée d'appeler à eux les ingénieurs et les architectes; ils ont senti le besoin d'étendre le terrain de cette grande question, et ont eu recours à nous avec une courtoisie dont nous devons leur être d'autant plus reconnaissants, qu'elle n'est pas inutile à la prospérité de la Société, comme le prouvera une lettre dont M. le Président donnera bientôt connaissance. M. de Comberousse pense donc que la Société doit se montrer aussi empressée de répondre à l'appel qui lui a été adressé, que l'a fait la Société de Médecine publique et d'Hygiène professionnelle, et nommer des délégués qui iront à l'Exposition Internationale de Londres. Il estime que là, on trouvera la preuve que l'industrie et la science française n'ont rien perdu de leur éclat malgré ce que l'on entend dire chaque jour comme des vérités, au sujet de notre infériorité relativement aux autres peuples; sans doute la triste expérience de 1870 a dû nous rendre modestes, mais il y a loin de la vraie modestie au découragement; les discussions de la Société d'hygiène prouvent jusqu'à l'évidence que toutes les inventions relatives à l'hygiène sont nées en France; les autres peuples n'ont fait que s'approprier nos idées et les développer au moyen d'applications sérieuses que nous n'avons pas su faire nous-mêmes, soit manque de persévérance, soit manque de capitaux. L'ouverture de l'Exposition devant avoir lieu au mois de mai, il n'y a pas de temps à perdre; M. de Comberousse sera donc reconnaissant à M. le Président s'il veut bien prendre en considération ce qu'il vient de dire et nommer à l'Exposition de Londres des délégués qui seront faciles à choisir au sein de la Société; deux noms surtout, des plus autorisés, sont déjà tout désignés à nos suffrages.

M. le Président pense que si la Société se range à l'avis que vient d'émettre M. de Comberousse, deux personnes, comme il l'a dit, se désignent tout d'abord à notre choix : M. Trélat, bien connu parmi nous pour sa haute compétence dans les questions d'hygiène, et M. Herscher familiarisé également avec l'étude du chauffage et de la ventilation dans le

constructions; il est fait appel également aux autres membres de la Société qui désireraient être délégués.

L'assemblée approuve la nomination de MM. Trélat et Herscher comme délégués de la Société à l'Exposition d'hygiène de Londres.

M. LE PRÉSIDENT, à l'appui de la proposition de M. de Comberousse, donne lecture de la lettre suivante, de M. le Ministre du commerce :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

« Un arrêté du 8 mars a institué, auprès du Ministère du Commerce, une commission chargée d'étudier les questions se rapportant à la participation de la France à l'Exposition internationale d'hygiène de Londres.

« J'ai l'honneur de vous annoncer que, par arrêté de ce jour, je vous ai nommé membre de cette Commission.

« Je vous remercie à l'avance du concours éclairé que vous voudrez bien, en cette circonstance, prêter à mon administration.

« Recevez, Monsieur, l'assurance de ma considération distinguée.

« *Le ministre du Commerce*,

« Ch. HÉRISSON. »

M. HERSCHER demande à ajouter un renseignement; bien que la date d'ouverture de l'Exposition soit fixée au 1er mai, il est accordé spécialement à la France un délai de quinze jours après cette date pour que nos collègues ingénieurs, architectes ou industriels puissent être en mesure d'apporter les résultats de leurs études et d'exposer leurs appareils, ce qui permettra à notre pays d'être représenté dignement, et au rang que M. de Comberousse a si bien indiqué tout à l'heure. M. Herscher accepte avec reconnaissance l'honneur que la Société des Ingénieurs civils veut bien lui faire, et lui en exprime tout ses remerciements. Il a visité, l'année dernière, l'exposition d'hygiène de Berlin, et il sait que l'Allemagne, l'Italie, la Belgique, se préparent à apporter cette année un contingent sérieux; il fait donc des vœux pour que la France, elle aussi, occupe la place à laquelle elle a droit.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'en effet, un article du programme de l'Exposition, dont il donne lecture, accorde exceptionnellement une prorogation de quinze jours aux exposants français.

M. LE PRÉSIDENT rappelle qu'un long débat a eu lieu entre MM. Mékarski et Francq au sujet du meilleur mode de traction à adopter pour les chemins de fer dans les villes. Au mois de décembre, il a été donné lecture d'une lettre de M. Mékarski; il lui semble donc juste de lire aujourd'hui la réponse de M. Francq, mais il exprime l'espoir que là se terminera ce débat, la Société des Ingénieurs civils ne pouvant plus servir de terrain commun aux inventeurs dès que leurs communications dégénèrent en polémique.

Il est donné lecture de la lettre adressée par M. Léon Francq.

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

« Rentré à Paris le 8 de ce mois, j'ai pris connaissance seulement à cette date de la lettre de M. Mékarski, lue en séance du 16 novembre dernier.

« Je regrette d'avoir à dire qu'il ne peut plus être question d'un duel entre M. Mékarski et moi, dans les conditions posées par les moyens de discussion adoptés par notre collègue qui, pour faire valoir son système, dénigre les autres sans souci des convenances ni de la vérité.

« Jusqu'ici, mettant toute susceptibilité de côté, j'ai pris simplement, contre les attaques incessantes de M. Mékarski, la défense de la locomotive sans foyer ; j'ai réduit ces attaques à leur valeur, et je crois avoir démontré surabondamment la différence pratique qui existe entre les deux systèmes, en fondant ma démonstration sur des faits et des calculs indéniables.

« M. Mékarski ne paraît pas goûter le terrain sur lequel je me suis placé. En dénaturant les faits, il élude la question et, avec subtilité, il jette la confusion là où je m'efforce d'apporter la lumière.

« Pour une dernière fois, je vais m'expliquer et, je rectifierai ses assertions.

« Le poids de 45 tonnes, attribué à la locomitive à air comprimé, a été établi par des ingénieurs-constructeurs d'une compétence incontestable, en raison de la haute pression de 50 kilogrammes par centimètre carré. Ce poids ne pourrait être diminué qu'au préjudice de la solidité qu'il faut donner au métal.

« M. Mékarski ne doit pas ignorer que la locomotive sans foyer peut faire un trajet de 20 kilomètres, *même en rampe moyenne de cinq millièmes*, s'il a lu, comme c'est probable, la communication de M. Shaller et les miennes du 6 octobre 1882 et du 3 août dernier.

« Je lui ai fourni la preuve que la traction par l'air comprimé absorbe deux fois plus de combustible, que la dépense du premier établissement qu'elle exige pour les installations fixes, est *six fois* plus élevée, que le plus long parcours possible, avec une pression initiale de 30 kilogrammes, est *la moitié* seulement de ce qu'il pourrait être avec des locomotives sans foyer.

« Tout le monde sait qu'à Lille (et comment M. Mékarski peut-il l'ignorer ?) les machines sans foyer ne font pas 2 à 3 kilomètres, comme il le dit.

« Les trains circulent entre Lille et Roubaix : distance 11 kilomètres. Le parcours maximum obtenu entre les pressions initiale et finale de 15 et 3 kilogrammes est de 18 kilomètres sur une voie mauvaise et très accidentée, dont le profil ajoute 5 kilogrammes de résistance par tonne, à la résistance au roulement. Les courbes de 20 mètres de rayon sont assez communes. Le développement de la voie en courbe est élevé, les changements de voie nombreux ; les rails en fer sont usés, le sol glaiseux rend, presque en tous temps, la traction pénible sur des rampes fréquentes qui ont jusqu'à 53 millimètres par mètre d'inclinaison.

« Dans ces conditions défavorables, une machine de 7,300 kilogrammes traîne deux voitures avec 100 voyageurs, soit 12 tonnes, et accomplit un travail de 5,400,000 kilogrammètres, en prenant 10 kilogrammes par tonne comme coefficient de résistance au roulement. Si je compare ce résultat au travail maximum réalisé à Nantes par une machine remorqueuse de 7,800 kilogrammes (car je ne peux pas établir de comparaison avec une machine porteuse) qui traîne une voiture de 50 voyageurs, soit 6 tonnes 1/2, sur une voie solide, établie sur un bon sol, avec rails en acier presqu'à niveau, dont le développement en courbe est insignifiant, je trouve que le travail effectué par la machine à air comprimé, sur 12,500 mètres de longeur, est à peine de 2,000,000 kilogrammètres, en adoptant le même coefficient de 10 kilogrammes pour la résistance au roulement et en accordant aux faibles et rares accidents du profil, une résistance de 1 kilogramme par tonne.

« A défaut de la base de comparaison offerte par la ligne en rails saillants de Rueil à Marly, la ligne de tramways à rails encastrés dans la chaussée, de Lille à Roubaix, suffit, comme on le voit, pour détruire les allégations de mon contradicteur et pour rétablir les faits dans toute leur réalité.

« Quitte à me répéter, j'ajoute que des machinistes qui sont payés 100 fr. par mois à Nantes, reçoivent à Lille de 210 à 275 francs. Malgré cela, la traction faite par les locomotives sans foyer pour un poids brut de train de 22 tonnes, qu'il ne faut pas confondre avec les machines porteuses (8 tonnes en charge), qui sont en majorité à Nantes, coûte 19 fr. 50 par journée de 75 kilomètres, y compris le petit entretien. Ce prix peut atteindre 25 francs avec les frais de renouvellement du matériel qu'il faut prévoir. Il reste, en tout cas, bien en dessous du prix que coûterait, dans les mêmes conditions, la traction par l'air comprimé grevée, en sus, du prix indiqué par M. Mékarski, de la prime d'amortissement et intérêt du capital supplémentaire de premier établissement pour l'installation fixe.

« Il résulte de tout ceci, que le prix de la traction de Nantes est, contrairement à l'opinion de mon contradicteur, obtenu dans une autre exploitation du même genre et dans des conditions beaucoup plus difficiles et plus avantageuses. C'est ce qui pourra être vérifié par un essai comparatif fait dans des conditions identiques.

« Toute discussion nouvelle serait, jusque-là, superflue.

« Veuillez agréer, Monsieur le Président, etc.

15 décembre 1883.

« Léon Francq. »

M. Casalonga demande à faire quelques observations au sujet de l'incident qui s'est produit au commencement de la dernière séance.

M. le Président dit que M. Barrault devait expliquer sa manière de voir au sujet de l'erreur qu'il voulait rectifier; il est absent aujourd'hui, et par

conséquent, jusqu'à preuve du contraire, la communication de M. Casalonga est admise sans observations.

M. le Président donne la parole à M. Couriot pour sa communication sur l'industrie minérale devant le parlement; examen des diverses propositions de la loi relatives aux ouvriers mineurs. (Voir le Mémoire page 333.)

M. le Président remercie M. Couriot de son intéressante communication, il vient de jeter la lumière sur une question qui préoccupe vivement l'opinion publique en ce moment.

M. Georges Salomon donne communication de son étude sur l'*utilité d'une enquête technique sur les conditions de l'industrie en France et à l'étranger.*

L'ingénieur civil ne saurait se dispenser de donner sa note dans le grand concert de plaintes que font entendre en ce moment les producteurs français.

Placé entre l'ouvrier, le contremaître et le patron, il ressent d'une façon directe et immédiate le contre-coup de toute crise ou malaise industriel.

Aussi, la grande Commission parlementaire, qui ouvre une enquête sur la crise actuelle de l'industrie en France, auprès des principales victimes de cette crise, devra-t-elle, autant par équité que par utilité, mander à sa barre les ingénieurs, tout comme les délégués plus ou moins accrédités des ouvriers et des chefs d'industrie.

Les ingénieurs attachés à une industrie quelconque et ceux que la crise vient de priver de travail pourraient signaler des causes qu'ignorent ou que laissent ignorer les autres intéressés.

Les ingénieurs qui n'ont pas la direction permanente d'une industrie, mais dont les études et les travaux de chaque jour suscitent la création et la mise en exploitation de mines, chantiers, ateliers, fabriques, etc., etc., les *ingénieurs-conseils*, pourraient établir avec autorité que, depuis la crise financière du commencement de 1882, il devient toujours plus difficile de se procurer les capitaux nécessaires à la création de nouvelles affaires, ou même à l'*amélioration* des anciennes.

De même qu'il y a eu un excès de production de logements ou d'objets manufacturés, qui n'est pas l'une des moindres causes de la crise actuelle, il y a eu excès de sociétés financières sur des affaires industrielles qui, pour la plupart, n'ont pas été productives de bénéfices : aussi, la crise qui a arrêté le travail a fermé brusquement les bourses des capitalistes.

Pour être salutaire, cette cessation de confiance du capital dans les placements industriels devrait être modérée; au lieu d'enrayer la production, on la tue, lorsqu'on refuse en principe de créer ou d'amender des affaires qui permettraient de produire *mieux*, *plus vite* et à *meilleur marché*.

En des temps où la part de la main-d'œuvre dans le prix des produits manufacturés va sans cesse en décroissant malgré la hausse continue des

salaires, pour produire *bien*, *vite* et à *bon marché*, pour lutter contre la concurrence étrangère qui nous étreint, il importe que les chefs d'industrie adoptent avec promptitude les outils, les machines, les appareils, les procédés de fabrication les plus perfectionnés, d'où qu'ils surgissent, et qu'ils réduisent, par de sages mesures, le chiffre de leurs frais généraux; il importe de multiplier dans le pays les moyens de communication et de le doter des mesures administratives, législatives et économiques les plus favorables à la marche de l'industrie, etc., etc.

C'est de cet ensemble de causes complexes, et notamment des conditions techniques que dépend la décadence ou la prospérité de l'industrie.

Sur ce champ clos pacifique, il faut savoir choisir ses positions : telle industrie qui périclite à la ville ou dans ses faubourgs pourrait prospérer dans la campagne, telle industrie qui s'étiole au cœur du pays pourrait être florissante sur le littoral et inversement. Une usine, il est vrai, ne se déplace pas comme un camp, mais l'industrie se déplace et l'on devra la suivre, sauf à périr d'inanition.

Si un concurrent hardi devance cette migration, une usine célèbre disparaîtra peut-être, mais une industrie menacée aura été sauvée pour le plus grand bien du pays.

Aussi, avant de considérer comme fatale la réduction des chiffres de notre exportation, nous devons voir si nous occupons bien les points d'où nos produits peuvent être lancés avantageusement sur les lieux de consommation de l'étranger, nous devons voir si nos moyens de communication sont suffisamment développés, si nos tarifs de chemins de fer sont ce qu'ils devraient être! Au percement du Gothard, il faudra opposer ceux du Simplon et du mont Blanc; à l'aménagement parfait du port d'Anvers, il faut opposer celui du Havre et de Dunkerque; il faut défendre Marseille contre Gênes, etc., etc.

Et avant de nous récrier outre mesure sur la réduction du chiffre de nos exportations, ne devrions-nous pas aussi connaître le nombre et l'importance des fabriques et des usines concurrentes des pays où nous exportions, ainsi que la part contributive de nos capitaux et voire même de notre main-d'œuvre dans l'érection de ces fabriques ou usines?

Quelle part prenons-nous, par exemple, à la transformation de l'industrie en Russie; quelle part même l'Allemagne y prend-elle?

Ces questions sont intéressantes, car en expliquant la diminution de nos exportations pour ce pays, elles montreraient dans quelle mesure l'introduction des droits protecteurs peut favoriser l'éclosion de l'industrie étrangère à l'intérieur d'un pays!

Si, maintenant, nous examinons les causes de la concurrence que l'étranger nous fait subir jusque sur nos propres marchés, nous en trouverons certes, contre lesquelles tout notre génie ne peut réagir. Les richesses houillères de l'Angleterre, de la Prusse Rhénane, de la Belgique, pour ne citer qu'un exemple, portent un grave préjudice à nos houillères, mais qu'y peut faire l'État, arbitre de l'intérêt général? Il ne saurait, pourtant,

dans l'intérêt de l'industrie des houillères françaises, si considérable qu'il pût être, enrayer d'une façon ou d'une autre l'importation d'une matière qui alimente toutes les industries. Ce qui est vrai pour la houille, l'est, aussi, pour toutes les matières premières nécessaires à l'industrie, pour les produits ouvrés que consomme le pays !

D'autre part, lorsqu'on gémit sur la concurrence étrangère, on attribue spécialement le chiffre élevé de la plupart de nos prix de revient à la cherté de la main-d'œuvre dans notre pays.

Il serait intéressant d'être édifié sur ce point par des parallèles complets entre les salaires, ou entre les parts contributives de la main-d'œuvre dans les prix de revient de produits similaires en France et à l'étranger.

On verrait peut-être alors que la cherté de la main-d'œuvre et des matières premières contribue souvent moins à élever les prix de revient que l'imperfection de l'outillage et des procédés de fabrication.

Nous n'entendons pas faire ici le procès des industriels français, nous ne tenterons pas de comparer la timidité de leurs essais sur des appareils ou procédés inconnus à la hardiesse de ceux que pratiquent chaque jour nos rivaux d'outre-Manche, par exemple; nous ne nous permettrons pas de critiquer la lenteur que beaucoup d'entre eux apportent à mettre leur outillage au niveau de celui de la concurrence étrangère; enfin, nous ne portons aucun jugement sur les conditions techniques de la production française, car on pourrait justement nous taxer d'accuser à la légère nos compatriotes et nous reprocher de n'avoir pas constaté le rang élevé que tiennent notre outillage et notre industrie dans les expositions internationales.

Nous demandons seulement qu'on fasse *sur place*, dans l'usine ou à la fabrique, l'inventaire et l'étude sommaires de l'outillage et des procédés de la production nationale, et qu'on tente d'établir un parallèle avec ceux de nos principaux concurrents étrangers.

On ne peut juger de l'outillage et des procédés de fabrication d'un pays, par ce que l'on voit dans une exposition.

Ainsi donc, en résumé, nous demandons qu'on fasse connaître les conditions techniques de la production dans la petite comme dans la grande industrie.

Parler de la crise industrielle sans être édifié à cet égard, c'est parler vainement !

Lorsqu'on saura que la situation topographique de nos industries, nos voies ferrées, nos canaux, nos rivières, nos ports, nos tarifs de chemins de fer, l'utilisation de nos chutes d'eau, l'état de notre outillage et de nos procédés de fabrication, notre enseignement technique et professionnel nous permettent de lutter avantageusement contre l'étranger, on pourra alors en toute sagesse chercher à remédier à une crise industrielle par des mesures économiques, législatives ou administratives. Il conviendrait que les tenants du libre-échange ou de la protection et que ceux qui vont légiférer sur les rapports de patrons à ouvriers pussent étayer leurs discussions sur la con-

naissance approfondie des engins et des tactiques de la lutte industrielle. Il ne suffit pas d'ouvrir une enquête économique, pour trouver les causes essentielles et les remèdes les plus efficaces d'une crise de l'industrie.

Or, les raisons mêmes qui ont provoqué la création de la grande Commission parlementaire, le but qu'on lui a assigné, à savoir : « De faire un rapport sur la *situation* des ouvriers de l'*industrie* et de l'agriculture en *France*, et de proposer les mesures qu'elle jugera nécessaires pour améliorer cette situation, » le questionnaire qu'elle a déjà élaboré relativement à l'enquête sur la crise industrielle à Paris[1], tous les précédents en fait d'enquête parlementaire, autorisent à penser que cette Commission fera surtout œuvre *économique*, œuvre éminemment utile, assurément, mais œuvre insuffisante !

A l'*enquête économique*, il faut donc, non pas opposer, mais joindre une *enquête technique*, et pour que la lumière soit bien faite, il faut que ces enquêtes portent sur la *France* et sur l'*étranger !*

On a trop bien compris dans notre pays l'*utilité* d'être édifié sur les progrès industriels accomplis au dehors, pour que nous insistions davantage sur l'*utilité* de l'enquête universelle dont nous venons, pour ainsi dire, de fournir un canevas.

On s'occupe d'adjoindre à nos consuls des attachés industriels, mais avant qu'un tel organisme puisse fonctionner, le pays peut périr de langueur industrielle ou adopter des mesures économiques nuisibles à ses intérêts.

D'ailleurs, à juger par ce qui existe dans les diverses branches de l'activité humaine sur lesquelles l'État est chargé d'éclairer le pays, on peut voir qu'il ne faut pas tabler sans cesse sur le concours des agents de l'État.

Si l'État, si le Parlement doivent être les seuls médecins consultants de la crise que subit l'industrie, cette crise court grand risque d'être mortelle. Il faut appeler à l'aide l'initiative privée, tant pour constater les causes du mal que pour en signaler les remèdes. Chacun a sa place marquée dans la grande consultation qui vient d'être ouverte : l'enquête économique incombe essentiellement à nos législateurs, et l'enquête technique qui est assez étroitement liée à la précédente pour se confondre parfois avec elle, revient de droit aux corps savants qui sont l'émanation même de l'industrie.

1. 1° Quel est l'état de votre industrie ?
2° En temps normal, combien d'ouvriers occupés ?
3° Le nombre d'heures de travail ?
4° Quelle est l'intensité du chômage ?
5° Quels sont les salaires en temps normal ?
6° Et en temps de chômage ?
7° Quels étaient les salaires autrefois ?
8° S'il y a malaise, quelle est son étendue ?
9° Quelles en sont les causes ?
10° Existe-t-il, dans la corporation, des caisses de secours et de retraites ? Le nombre des ouvriers qui y participent, les résultats obtenus ?
11° Que fait-on pour encourager la participation à ces caisses ?

Or, si nous jetons un coup d'œil autour de nous, il nous paraît que c'est à une Société, qui comme la Société des Ingénieurs civils, compte dans son sein des savants indépendants et les hommes les plus compétents du monde industriel en France comme à l'étranger, il nous paraît que c'est à cette Société, autour de laquelle gravitent les associations d'anciens élèves de toutes nos écoles techniques, qu'il convient de prendre l'initiative de l'enquête que nous préconisons.

L'œuvre est ardue, mais elle est toute de sa compétence, on en peut juger par ses travaux; elle n'excéderait pas ses forces, car elle pourrait compter sur tous les concours.

Assurément, à la Société des Ingénieurs civils comme au dehors, on a beaucoup écrit et beaucoup parlé sur la situation de telle ou telle industrie en France et à l'étranger ou en France seulement, mais pour retrouver ces travaux disperses dans toutes les annales, il faut souvent remonter assez loin en arrière, se livrer à des recherches généralement stériles, et enfin, pour tirer des conclusions d'ensemble de ces travaux parfois considérables, il faut réunir des éléments qui ne sont plus ou ne sont pas susceptibles de comparaison !

C'est donc à édifier d'après des données uniformes une œuvre dont les éléments sont épars et disparates, c'est à édifier à l'industrie une œuvre qui manque à notre pays que nous convions la Société des Ingénieurs civils.

M. le Président signale à l'attention des membres de la Société l'appel qui leur est fait par M. Salomon; il prie tous nos collègues qui s'intéressent à cette importante question de vouloir bien apporter à la Société leurs communications; elles seront réunies sous forme de documents qui composeront un tout très utile, de grande valeur, et qui certainement pourra être d'un grand poids dans la solution à intervenir; seulement il faut agir vite, de manière que ce travail soit fait aussitôt que possible.

M. Jules Garnier dit que la demande faite par M. Salomon est intéressante, et que chacun de nous, comme vient de le dire M. le Président, doit apporter sa pierre à l'édifice; mais le temps presse, et il se pourrait même qu'il nous fît défaut. Dans la séance d'aujourd'hui, et dans la dernière, nous avons entendu deux communications qui répondent d'une manière presque complète au désidératum posé par M. Salomon. En effet, M. Périssé nous a démontré que l'état d'infériorité de la France vient, non pas de ce que le génie humain est capable de faire, mais bien de ce que le sol est capable de produire; ainsi, la France ne doit pas cette infériorité à l'incapacité de la tête et des bras qui la dirigent, mais bien à la nature de son sol, qui lui fournit avec une certaine avarice les produits dont elle a besoin. Ce que M. Périssé a montré dans la dernière séance pour la mécanique, M. Couriot l'a montré aujourd'hui pour la houille; en consultant le tableau qu'il a mis sous nos yeux, et qui donne les prix moyen de vente de la houille en France, en Angleterre et en Allemagne (12 fr., 10 fr. et 6 fr.), on voit déjà

dans quelle infériorité nous nous trouvons. Mais M. Garnier, qui connaît cette question et qui a parcouru nos mines et celles de l'étranger, peut affirmer que les bénéfices ne sont nullement proportionnels à l'élévation des prix de vente; ainsi en Angleterre, ce bénéfice est certainement bien plus élevé qu'en France; bien qu'il soit difficile d'établir le prix de revient des houilles en Angleterre, certains d'entre eux, dans le pays de Galles, par exemple, sont d'un bon marché inouï. Au contraire, dans nos bassins houillers le bénéfice, de certaines mines, depuis un grand nombre d'années, est insignifiant.

C'est ce fait qui doit appeler l'attention de nos législateurs; peut-être ne cherchent-ils pas le remède là où il est : il faudrait étudier, par exemple, l'amélioration de nos canaux; peut-être aussi faudrait-il recourir à une élévation des droits d'entrée. M. Garnier a calculé que l'élévation des droits d'entrée de 0 fr. 50 par tonne pourrait bientôt correspondre à une augmentation de 10 p. 100 sur la quantité extraite. Combien de gens cela peut-il nourrir? D'après les chiffres de M. Couriot, ce serait environ 12,000 ouvriers mineurs, qui représentent avec leurs familles une population de 60,000 personnes, et ce résultat serait atteint par une modeste augmentation de 0 fr. 50, provenant, soit des droits d'entrée, soit de diminution de tarifs, soit de l'emploi plus judicieux des canaux. M. Garnier ne s'étendra pas davantage sur ce sujet, mais il tient, en terminant, à appeler l'attention sur ce qu'il y a à faire, tant au point de vue de la douane qu'à celui de l'amélioration de nos tarifs de chemins de fer et des transports par canaux.

M. le Président tient à répéter que les deux communications de M. Périssé et de M. Couriot sont les premiers chapitres du travail demandé par M. Salomon. Les documents qu'ils ont apportés sont très complets et nous espérons que leur exemple sera suivi et que nos collègues apporteront d'autres mémoires qui achèveront de fournir les éléments techniques nécessaires pour éclairer cette importante question.

La séance est levée à dix heures et demie.

DU PRIX DE REVIENT DES MACHINES

EN FRANCE, EN ANGLETERRE, EN ALLEMAGNE

CONCLUSIONS

AU POINT DE VUE

DE L'IMPORTATION ET DE L'EXPORTATION

PAR M. **S. PÉRISSÉ**

En notre qualité de secrétaire-rapporteur de la classe de la mécanique à l'exposition internationale d'Amsterdam, nous avons présenté à M. le Ministre du commerce, à la date du 31 octobre 1883, une étude comparative traitant de questions industrielles et commerciales se rattachant à la construction des machines en France et dans les pays voisins.

L'enquête parlementaire qui se poursuit en ce moment, nous a fait penser que nous devions y apporter notre modeste concours. C'est pourquoi, et après en avoir obtenu l'autorisation de M. le Ministre, nous publions notre étude.

Nous l'apportons à la Société des Ingénieurs civils, dont la haute compétence dans les questions d'économie industrielle n'est plus à démontrer. La Société pensera avec nous, nous en sommes convaincu, qu'elle doit faire entendre aussi sa voix sur la situation économique du pays et sur les réformes qu'elle croit utiles.

Nous nous proposons d'étudier les conditions dans lesquelles se trouvent les constructeurs-mécaniciens des quatre pays voisins, la

France, l'Angleterre, l'Allemagne et la Belgique, au point de vue du prix de revient de leurs machines.

Nous rechercherons pour quelles causes, les constructeurs anglais, allemands et belges, peuvent vendre leurs produits à meilleur marché que les constructeurs français. Nous nous efforcerons de chiffrer aussi exactement que possible, l'influence que ces diverses causes exercent sur le prix de revient des principaux appareils mécaniques de l'industrie.

Mais avant d'entrer dans cette étude comparative, qu'il nous soit permis de rappeler, en les résumant, le nombre des exposants et des récompenses, dont le tableau général se trouve dans le rapport que nous avons remis au Jury du groupe VII en notre qualité de secrétaire-rapporteur de la classe 42.

La classe 42 comprenait 380 exposants de 10 nationalités, parmi lesquels :

Exposants français	70
— anglais	46
— allemands	119
— belges	86
— autres pays	59
Total	380

Voici le tableau des plus hautes récompenses :

	Diplômes d'honneur.	médailles d'or.
Exposants français	9	21
— anglais	2	8
— allemands	4	19
— belges	4	15
— autres nationalités	7	11
Totaux	26	74

La France a donc obtenu :

Neuf diplômes d'honneur, c'est-à-dire 35 p. 100 ;

Vingt et une médailles d'or, c'est-à-dire 28 p. 100.

Alors que, si les récompenses eussent été réparties proportionnelle-

ment au nombre des exposants, la France n'eût obtenu que 18 pour 100 des récompenses.

Ces chiffres ont leur éloquence; ils démontrent que, dans la lutte internationale d'Amsterdam, les machines françaises ont été classées les premières pour l'ingéniosité de leurs dispositions et pour leur bonne exécution.

Mais pour le PRIX DE REVIENT, la France n'arrive qu'en quatrième ligne.

Cette infériorité tient tout d'abord à trois causes :

1° Le prix plus élevé des houilles et leur moins bonne qualité;

2° Le prix plus élevé de la main-d'œuvre par rapport à l'Allemagne et à la Belgique ;

3° Les dépenses de transports plus élevées.

Il y a une quatrième cause qui tient à la différence des frais généraux; mais nous l'avons mise à part, parce qu'elle n'est pas de nature à être justifiée d'une façon aussi précise que les trois autres causes.

Nous allons donc nous rendre compte d'abord de l'influence que la *houille*, la *main-d'œuvre* et les *transports*, exercent sur le prix de revient des machines construites en France, par rapport à celles qui sortent des ateliers d'Angleterre et d'Allemagne. Nous ne donnerons pas de chiffres pour la Belgique, parce qu'ils sont compris entre les prix français et les prix allemands pour les houilles et la main-d'œuvre; les frais de transports sont sensiblement les mêmes que ceux d'Allemagne.

Tout d'abord nous allons donner la décomposition du prix de revient en France de neuf catégories de machines ou appareils les plus employés dans l'industrie.

LOCOMOTIVE

Mixte à grande vitesse à 6 roues dont 4 couplées

	POIDS	PRIX les 100 kil.	PRIX TOTAUX
	kil.	fr.	fr
Acier coulé ou laminé	5.260	43 »	2.260
Acier pour pièces forgées	350	35 »	120
Bronze	920	287 »	2.740
Cuivre et laiton	2.960	220 »	6.450
Fers laminés et tôles	12.300	43 »	5.290
Fers pour pièces forgées	13.000	40 »	5.200
Fonte	4.400	33 »	1.450
Bois (0 m 48)	200		60
MATIÈRES	39.390	60 »	23.570
Le poids net d'une locomotive étant de	30.300		
Le déchet est (23 p. 100 du poids brut)	9.090		
Le prix de revient des matières par 100 kilog. poids net.		78.00	
Main-d'œuvre … { pour grosse forge … 2.200 fr. / ajustage, montage, etc. 8.100 }		33.50	10.300
Diverses fournitures, cémentation, peinture, modèles, etc.		4.50	1.300
Charbon (environ 80 tonnes)		4.50	1.300
Frais généraux, 100 p. 100 de la main-d'œuvre		33.50	10.300
PRIX DE REVIENT	30.300	154 »	46.770
Bénéfice, alea et rémunération du capital 8 à 9 p. 100		13 »	3.930
Pour une locomotive vendue et livrée aux ateliers	30 300	167 »	50.700

TENDER

Pour locomotive mixte grande vitesse

	POIDS	PRIX les 100 kil.	PRIX TOTAUX
	kil.	fr.	fr.
Acier coulé	1.030	40 »	410
Acier pour pièces forgées	130	35 »	45
Bronze	100	240 »	240
Cuivre et laiton	30	220 »	65
Fers laminés et tôles	5.300	32 »	1.700
Fers pour pièces forgées	4.600	35 »	1.600
Fonte	1.000	33 »	330
Bois (0 m 65)	250		90
MATIÈRES	12.440	36 »	4.480
Le poids net d'un tender étant de	10.800		
Le déchet est (environ 13 p. 100 du poids brut)	1.640		
Le prix de revient des matières pour 100 kilogs livrés.		41.50	
Main-d'œuvre … { pour grosse forge … 600 fr. / pour divers … 1.750 }		21.60	2.350
Diverses fournitures, modèles et peinture		4.70	570
Charbon (environ 18 tonnes)		3 »	300
Frais généraux		21.50	2.350
PRIX DE REVIENT	10.800	92.40	10 050
Bénéfice, alea, et rémunération du capital 9 à 10 p. 100.		86.0	950
Pour un tender vendu	10.800	101 »	11.000

GÉNÉRATEUR DE VAPEUR A BOUILLEURS

de 75 mètres carrés de chauffe, avec accessoires et appareils de sûreté.

	POIDS.	PRIX les 100 kilog.	PRIX. TOTAUX.
	kil.	fr.	fr.
Fers laminés et tôles	11.200	36 »	4.115
Fers pour pièces forgées	1.000	36 »	360
Fonte	6.500	23.50	1.530
Bronze	30	330 »	100
Cuivre et laiton	26	210 »	55
MATIÈRES	18.756	32.80	6 160
Le poids net de la chaudière étant de	17.600		
Le déchet est (environ 6 p. 100 du poids brut)	1.156		
Le prix de revient des matières pour 100 kilog. net est		35 »	
Main-d'œuvre { pour forge 130. / travail, rivetage, etc. 1,070. }		6.80	1.200
Divers et peinture		1 »	50
Charbon (environ 6 tonnes)			100
Frais généraux (90 p. 100 de la main-d'œuvre)		6 »	1.080
REVIENT	17.600	48.80	8.590
Bénéfice, alea et rémunération du capital 15 à 18 p. 100.		8.20	1.410
VENTE	17.600	57 »	10 000

GÉNÉRATEUR TUBULAIRE

de 160 mètres carrés de chauffe, avec tubes en fer de 70 millimètres de diamètre et 5 mètres de longueur, timbré 5.1/2, avec accessoires et appareils de sûreté.

	POIDS.	PRIX les 100 kilog.	PRIX TOTAUX.
	kil.	fr.	fr.
Fers laminés et tôles	10.000	32.50	3.250
Fers pour pièces forgées	6.000	36 »	2.160
Fonte	3.100	23.50	730
Bronze	82	280 »	230
Cuivre et laiton	10	4 »	40
MATIÈRES	19.192	33.40	6.410
Le poids net de la chaudière étant de	16.300		
Le déchet est (environ 15 p. 100 du poids brut)	2.892		
Le prix de revient des matières pour 100 kilogr. net est		39 »	
Main-d'œuvre { pour forge 700. / travail, rivetage, etc. 2,200. }		18 »	2.900
Divers et peinture		0.60	100
Charbon (environ 20 tonnes)		2 »	330
Frais généraux (90 p. 100 de la main-d'œuvre)		16 »	2.600
REVIENT	16.300	75.60	12.340
Bénéfice, alea et rémunération du capital 15 à 18 p. 100.		14.40	2.160
VENTE	16.300	90 »	14.500

MACHINE A VAPEUR HORIZONTALE D'ENVIRON 30 CHEVAUX
avec arbre coudé et deux volants, à détente variable sans condensation.

	POIDS	PRIX les 100 kilog.	PRIX TOTAUX
	kil.	fr.	fr.
Bronze	250	270 »	670
Fers laminés et tôles	120	25 »	30
Fers pour pièces forgées	1.500	40 »	600
Fonte	7.300	26 »	1.900
MATIÈRES	9.170	35 »	3.200
Le poids net de la machine étant de	7.900		
Le déchet est (14 p. 100 du poids brut)	1.270		
Le prix de revient des matières pour 100 kilogr. net.		40 »	
Main-d'œuvre.. { pour forge 370 / ajustage, montage, etc. 1330 }		21.25	1.700
Diverses fournitures, modèles et peinture		1.50	100
Charbon (environ 12 tonnes)		3 »	200
Frais généraux (100 p. 100 de la main-d'œuvre)		21.25	1.700
REVIENT	7.900	87 »	6.900
Bénéfice, alea rémunération du capital 15 à 18 p. 100.		14 »	1.100
VENTE	7.900	101 »	8.000

MACHINE A VAPEUR HORIZONTALE DE 200 A 250 CHEVAUX
à bâti latéral, à déclic, à tiroirs et à condensation
(type de machine perfectionnée).

	POIDS	PRIX les 100 kilog.	PRIX TOTAUX
	kil.	fr.	fr.
Acier laminé (qualité spéciale)	65	155 »	100
Acier pour pièces de forge	5.000	35 »	1.750
Bronze	1.550	260 »	4.030
Cuivre et laiton	60	200 »	120
Fers laminés et tôles	700	29 »	200
Fers pour pièces de forge	8.000	38 »	3.040
Fonte	52.600	27 »	14.250
Caoutchouc et cuir	26	570 »	150
Bois divers 6^{m},70	1.620	—	1.100
MATIÈRES	69.621	35.50	24.740
Le poids net de la machine étant de	62.250		
Le déchet est (10 1/2 p. 100 du poids brut)	7.371		
Le prix de revient des matières pour 100 kil. net est.		40 »	
Main-d'œuvre.. { pour forge 2000 / ajustage, montage, etc 10250 }		19.50	12.250
Diverses fournitures, modèles, peinture		5 »	3.100
Charbon (environ 80 tonnes)		2 »	1.300
Frais généraux		19.50	12.250
REVIENT	62.250	86 »	53.640
Bénéfice, alea et rémunération du capital 15 à 18 p. 100.		14 »	8.360
VENTE	62.250	100 »	62.000

POMPE CENTRIFUGE
débitant environ 5 mètres cubes par minute.

	POIDS	PRIX les 100 kilog.	PRIX TOTAUX
	kil.	fr.	fr.
Fonte	635	30 »	190
Acier	20	40 »	8
Bronze	11	220 »	24
Métal antifriction	6	300 »	18
Fer pour boulons, clavettes, etc	20	35 »	7
Matières	692	36 »	247
Le poids de la pompe est de	630		
Déchet (9 p. 100 du poids brut)	62		
Le prix de revient des matières pour 100 kil. net est de.		39.30	
Main-d'œuvre		15.50	98
Charbon (environ 500 kil.)		1.70	8
Frais généraux		15.50	98
Revient	630	72 »	451
Bénéfice, alea et rémunération du capital 20 p. 100		14 »	89
Vente	630	86 »	540

PETITE MACHINE-OUTIL
de fabrication soignée.

	POIDS	PRIX les 100 kilog.	PRIX TOTAUX
	kil.	fr.	fr.
Fonte	1.250	33 »	412
Fer	250	30 »	75
Bronze	52	220 »	115
Diverses fournitures	5	—	40
Matières	1.557	41.40	642
Le poids net de la machine est de	1.300		
Le déchet (17 p. 100 du poids brut)	257		
Le prix de revient des matières pour 100 kil. net est		49.50	
Main-d'œuvre		36.50	470
Diverses fournitures, modèles, etc		4.50	60
Charbon (environ 3 tonnes)		4 »	50
Frais généraux		36.50	470
Revient	1.300	131 »	1.692
Bénéfice, alea et rémunération du capital 20 p. 100		27 »	358
Vente	1.300	158 »	2.050

Nota. Les machines de filature et de tissage peuvent être assimilées, comme composition et comme prix de revient, à la machine-outil qui précède et à celle qui suit.

MACHINE-OUTIL
de fabrication ordinaire

	POIDS	PRIX les 100 kilog.	PRIX TOTAUX
	kil.	fr.	fr.
Fonte	3.550	30 »	1.065
Fer	200	30 »	60
Bronze	60	220 »	132
MATIÈRES	3.810	33 »	1.257
Le poids de la machine est de	3 500		
Le déchet est (8 p. 100 du poids brut)	310		
Le prix de revient des matières pour 100 kilos net est.		36 »	
Main-d'œuvre		20 »	700
Diverses fournitures, modèles, etc		2 »	75
Charbon (4 tonnes 1/2)		2 »	75
Frais généraux		20 »	700
REVIENT	3.500	80 »	2.807
Bénéfice, alea et rémunération du capital 18 à 20 p. 100.		16 »	543
VENTE	3.500	96 »	3.350

Après avoir ainsi donné les prix de revient détaillés des principaux appareils mécaniques, nous allons examiner successivement les trois causes d'infériorité que nous avons signalées, *la houille*, *la main-d'œuvre*, et *le transport*. Nous examinerons ensuite les frais généraux.

Houille.

Les gisements de houille en France, en Angleterre et en Allemagne, sont dans des conditions bien différentes, puisque le prix du charbon sur le carreau de la mine est deux fois plus élevé en France que dans les deux autres pays. La houille brute vaut en effet de 10 fr. 50 à 13 francs. sur les exploitations françaises ; tandis qu'en Angleterre et dans le grand bassin houiller de la Rūhr, la houille ne vaut que de 5 à 6 francs. On peut donc admettre les prix moyens de 11 fr. 50 en France et de 5 fr. 50 dans les deux autres pays. La différence est de 6 francs par tonne qui représente 54 p. 100 du prix à la mine française.

Le bas prix des houilles anglaises et allemandes s'explique tant par la disposition géologique des couches que par leur puissance et par la nature du combustible.

Dans les deux pays voisins, grâce à des conditions naturelles très favorables, on exploite des gisements, qui fournissent des houilles beaucoup plus pures qu'en France, avec une proportion de gailleterie beaucoup plus grande.

Le gros charbon, qui est surtout destiné à la consommation domestique, se vend à un prix très rémunérateur ; il trouve un écoulement plus assuré et indépendant dans tous les cas, des fluctuations du marché industriel, de sorte que la houille menue ou la houille brute qui alimente ce dernier marché peut lui être fournie à un très bas prix, qui laisse encore un certain bénéfice, puisque le prix de revient brut n'est que de 4 francs à 4 fr. 50 la tonne.

Le bassin houiller de la Rûhr est certainement le plus important des bassins de l'Europe continentale. Il s'étend principalement sur la rive droite de la Rûhr jusqu'au Rhin sur une longueur de 70 à 75 kilomètres avec une largeur de 20 kilomètres. On extrait annuellement 20 à 25 millions de tonnes de houille ; les 2/3 sont consommés sur place et l'autre tiers est exporté jusqu'à Paris et jusque dans la Méditerranée. Le charbon de la Rûhr, comme le charbon anglais, ne contient après lavage que 4 à 6 pour 100 de cendres, tandis que le charbon français en contient presque le double. C'est là un point très important quand il s'agit de houilles à coke, pour le service des hauts fourneaux. La qualité et le bas prix des cokes allemands leur permet d'aller au loin, en Luxembourg et en France, malgré l'importance relative du transport.

Il est admis aujourd'hui que pour produire une tonne de fer laminé il faut consommer 4 à 5 tonnes de houille brute dite menu sortant. Pour une tonne d'acier laminé, la consommation de houille est moindre ; elle est de 3 1/2 à 4 tonnes. Ces quantités seraient un peu plus faibles en France, où les appareils de chauffage sont plus soignés et plus économiques, mais, par contre, la plus grande teneur en cendres des houilles françaises ramène la consommation au même chiffre.

Il est facile avec les données qui précèdent de chiffrer la dépense en houille dans les trois pays pour produire une tonne de fer marchand ou d'acier laminé.

Fer. En France 5 tonnes à 11 fr. 50. . . . . =	57f 50
— En Angleterre et en Allemagne 5 tonnes à 5 fr. 50. . . =	27 50
Différence	30f 00

Acier. En France 4 tonnes à 11 fr. 50	= 46f 00
— En Angleterre et en Allemagne 4 tonnes à 5 fr. 50. .	= 22 00
Différence	24f 00

Il y a donc une surcharge, pour les fers et les aciers français, de 30 francs et de 24 francs par tonne de produit fini de qualité ordinaire. Cette surcharge est plus élevée pour les fers et pour les aciers entrant dans la construction des machines ; on prend en effet le plus généralement des qualités supérieures qui exigent une plus grande dépense de combustible soit environ un tiers en plus.

La dépense en plus en houille est donc de :

Pour les fers entrant dans la construction des machines françaises, de 40 francs par tonne.

Pour les aciers moulés ou forgés, la différence est de 32 francs par tonne.

Pour la fonte moulée, la consommation par tonne est de environ 3 tonnes à 3 tonnes 1/2 de houille, qui à raison de 6 francs de différence par tonne représente une surcharge de 20 francs pour les moulages français.

Enfin pour les pièces de bronze, on peut admettre une consommation double de celle des moulages en fonte de fer, c'est-à-dire une surcharge de 40 francs par tonne, pour les bronzes français.

Nous avons maintenant tous les éléments pour déterminer le supplément de dépense qu'il faut faire en France pour les machines dont nous avons donné plus haut la décomposition du prix de revient. Cet excès de dépense a été calculé d'après le prix de la houille sur le carreau de la mine, sans tenir compte de la plus-value du transport, puisqu'il y a plus loin un chapitre spécial sur cette question de transport.

1° Locomotive.

Acier	5,600	kilog.	à 32	fr.	de surcharge	179f 20
Bronze et cuivre	3,900	—	à 40	»	—	156 »
Fer	25,300	—	à 40	»	—	1,012 »
Fonte	4,400	—	à 20	»	—	88 »
Charbon pour le travail mécanique 80 tonnes à 6 fr. de surcharge						480 »
					Différence.	1,915 20

Le prix de revient de la locomotive étant de 46,770 francs, cette différence représente environ 4 p. 100 de ce prix de revient.

2° Tender.

Acier	1,160 kilog.	à 32 fr.	de surcharge	37 fr.
Bronze et cuivre	130 —	à 40 »	—	5 »
Fer	9,900 —	à 40 »	—	396 »
Fonte	1,000 —	à 20 »	—	20 »
Charbon spécial, 18 tonnes		à 6 »	—	108 »
			Différence.	566 »

Cette différence est de 566 francs, est égale à 5, 6 p. 100 du prix de revient.

3° Générateur a bouilleurs.

Fer	12,200 kilog.	à 40 fr.	de surcharge	488 fr.
Fonte	6,500 —	à 20 »	—	130 »
Bronze	50 —	à 40 »	—	2 »
Charbon spécial, 6 tonnes		à 6 »	—	36 »
			Différence.	656 »

Représentant 7 1/2 p. 100 du prix de revient.

4° Générateur tubulaire.

Fer	16,000 kilog.	à 40 fr.	de surcharge	640 fr.
Fonte	3,100 —	à 20 »	—	62 »
Bronze	100 —	à 40 »	—	4 »
Charbon spécial, 20 tonnes		à 6 »	—	120 »
			Différence.	826 »

Qui est égale à 6, 7 p. 100 du prix de revient.

5° Petite machine a vapeur.

Fer	1,620 kilog.	à 40 fr.	de surcharge	65 fr.
Fonte	7,300 —	à 20 »	—	146 »
Bronze	250 —	à 40 »	—	10 »
Charbon spécial, 12 tonnes		à 6 »	—	72 »
			Différence.	293 »

Qui est égale 4, 2 p. 100 du prix de revient.

6° GROSSE MACHINE A VAPEUR.

Acier	5,000 kilog.	à 32 fr.	de surcharge	160 fr.
Bronze, etc.	1,600 —	à 40 »	—	64 »
Fer	8,700 —	à 40 »	—	348 »
Fonte	52,600 —	à 20 »	—	1,052 »
Charbon spécial, 80 tonnes		à 6 »	—	480 »
			Différence.	2,104 »

Qui est égale à 4 p. 100 de 53,640 francs, qui est le prix de revient.

7° POMPE CENTRIFUGE.

Fonte	635 kilog.	à 20 fr.	de surcharge	12f 75
Acier	20 —	à 32 »	—	65
Bronze et fer	40 —	à 40 »	—	1 60
Charbon spécial	500 —	à 6 »	—	3 »
			Différence.	18 fr.

Qui est de 4 1/2 p. 100 du prix de revient.

8° PETITE MACHINE-OUTIL.

Fonte	1,250 kilog.	à 20 fr.	de surcharge	25 fr.
Fer et bronze	300 —	à 40 »	—	12 »
Charbon spécial, 3 tonnes		à 6 »	—	18 »
			Différence.	55 »

Qui est égale à 3 p. 100 du prix de revient.

9° MACHINE-OUTIL ORDINAIRE.

Fonte	3,550 kilog.	à 20 fr.	de surcharge	71 fr.
Fer et bronze	260 —	à 40 »	—	10 40
Charbon spécial, 4 tonnes 1/2		à 6 »	—	27 »
			Différence.	108 40

Qui est égale à 3, 8 p. 100 du prix de revient.

En résumé, la surcharge en houille pour les machines françaises varie de 3 à 7 1/2 p. 100 du prix de revient avec une moyenne de 4, 8 p. 100.

Main-d'œuvre

La main-d'œuvre est beaucoup plus élevée en France et en Angleterre que dans les autres pays industriels voisins, la Belgique et l'Allemagne.

En France, depuis quelques années, les bons ouvriers mécaniciens gagnent en moyenne 0 fr. 60 l'heure et les mécaniciens ordinaires gagnent 0 fr. 375 à 0 fr. 45. — Pour établir cette moyenne nous avons considéré les prix dans les quatre principaux centres de l'industrie mécanique : les départements du Nord, de la Seine-Inférieure, du Rhône et la banlieue de Paris. Nous avons laissé de côté, la ville de Paris dans laquelle les prix de main-d'œuvre sont de 25 pour 100 au-dessus. Nous n'avons pas fait entrer non plus en ligne de compte les ouvriers supérieurs qui, à la journée ou au marchandage, arrivent à des salaires exceptionnels.

La moyenne générale pour la France s'établit donc comme suit :

1 mécanicien	0f 600
1 aide	0 450
1 autre aide	0 375
Pour l'équipe de trois ouvriers.	1f 425
Soit une moyenne par journée de dix heures . . .	4 75

C'est sur cette moyenne que sont basés les chiffres de main-d'œuvre portés aux précédents prix de revient.

En Allemagne, les ouvriers mécaniciens gagnent en moyenne, par journée de dix heures, 3 marks à 3 marks 1/2 ; les aides, seulement 2 marks à 2 marks 1/4, la moyenne s'établit donc de la manière suivante en laissant de côté la ville de Berlin :

1 mécanicien	3m25
2 aides	4 25
Pour l'équipe par jour.	7m50

Soit en moyenne par jour de dix heures, 2 marks 1/2 qui équivalent à 3 fr. 15.

La différence du prix de la main-d'œuvre pour la construction des machines en France et en Allemagne s'établit ainsi :

Prix moyen en France.............	4f 75
— en Allemagne..........	3 15
Différence..	1f 60

Cette différence représente 34 pour 100 du prix payé en France, et environ 50 pour 100 du prix payé en Allemagne. Nous payons donc nos ouvriers une fois et demi plus cher.

On peut admettre que depuis ces dernières années, la main-d'œuvre est au même prix en France et en Angleterre. Il ne faut pas oublier, en effet, que la main-d'œuvre est restée stationnaire en Angleterre depuis quelques années, tandis qu'elle a augmenté en France de 20 à 25 p. 100 depuis 10 ou 15 ans.

En Belgique, le prix de la main-d'œuvre est compris entre ceux de la France et de l'Allemagne.

Nous pouvons maintenant déterminer, pour les neuf catégories de machines, les plus-values ou surcharges payées en France par la main-d'œuvre de mécanique, comparativement à l'Allemagne. Cette surcharge est, nous l'avons vu plus haut, de 34 pour 100 du prix payé en France.

En effectuant les calculs, on arrive au tableau suivant qui donne les chiffres de main-d'œuvre spéciale dans les ateliers de construction de machines, sans remonter plus haut dans le compte de la main-d'œuvre. Le compte exact en serait, pour ainsi dire impossible, car, tout produit, quel qu'il soit, a donné lieu à une dépense en main-d'œuvre relativement grande.

DÉSIGNATION DES MACHINES.	MAIN-D'ŒUVRE spéciale de mécanique.		SURCHARGE.	
	Par machine française.	En centièmes du prix de revient de la machine.	Par machine.	En centièmes du prix de revient de la machine.
	fr.	°/o	fr.	o/o
Locomotive	10.300	22	3.500	7.5
Tender	2.350	23 1/2	800	8.0
Générateur à bouilleurs	1.200	14	408	4.7
Générateur tubulaire	2.900	24	986	8.2
Petite machine à vapeur	1.700	24	578	8.2
Grosse machine à vapeur	12.250	23	4.165	7.8
Pompe	98	21 1/2	33	7.1
Petite machine-outil	470	27 1/2	160	9.3
Machine-outil ordinaire	700	25	238	8.5
TOTAUX	31.968		10.868	

Les prix de revient que nous avons fournis, indiquent, que la main-d'œuvre entre pour une part qui varie de 14 à 27 1/2 pour 100, mais qui est le plus souvent très voisine de 23 pour 100, puisque le chiffre moyen est exactement de 22,7. Cette main-d'œuvre ne comprend pas celle qui a servi à la préparation des matières, de qualité non ordinaire (fers, aciers, pièces brutes en fonte ou en bronze), qui sont considérées par le mécanicien comme des matières premières.

La surcharge de main-d'œuvre spéciale pour les fabricants français représente une moyenne de 7,7 pour 100 du prix de revient total des machines.

Il n'est pas inutile d'observer, que, dans nos hypothèses, les ouvriers ont passé le même temps et ont mis la même ardeur dans les trois pays, pour la mise en œuvre des machines et appareils. Nous n'avons donc tenu compte que du prix différent des salaires et nous avons supposé une production égale pour les ouvriers de chaque pays. Cette hypothèse doit être admise, pour le cas qui nous occupe, parce que le travail des métaux se fait aujourd'hui presque exclusivement avec les machines-outils. Le travail mécanique supprime donc en grande partie la supériorité de l'ouvrier. C'est la perfection de la machine-outil et de l'étude de la disposition, qui est la première condition de la perfection du produit. L'habileté de l'ouvrier n'arrive qu'en seconde ligne.

Les avantages de l'outillage mécanique ont pour contre-partie l'inconvénient d'une trop grande production, parce que les améliorations successives apportées aux machines-outils, ont pour conséquence d'augmenter toujours la production. Il y a malaise parce qu'il n'y a plus équilibre avec la consommation.

Transports.

Le prix de revient des machines françaises est grevé par une dépense plus grande en transports, principalement pour la fabrication des métaux bruts entrant dans la composition des machines.

Cet excédent de frais de transport provient principalement de la position des forges françaises par rapport aux lieux de production des matières premières qui les alimentent.

En effet, les tarifs de transport par tonne kilométrique sur les voies ferrées sont très peu différents en France, en Angleterre, en Belgique et en Allemagne, en exceptant toutefois les tarifs pour le transport des

machines et pour celui des objets ayant un fort poids indivisible. Pour ces derniers et pour les machines, les tarifs français sont bien plus élevés; mais pour les houilles, pour les minerais, pour les fers, les fontes, etc., les tarifs présentent de faibles différences, et bien souvent on trouve en France, pour les matières premières, un tarif kilométrique plus réduit que dans les pays industriels voisins.

Toutefois les industriels allemands sont favorisés au point de vue des tarifs sur les voies ferrées. On applique, en effet, dans bien des directions convergeant vers le bassin de la Rühr, le pfennig-tarif (1 pfennig par quintal et par mille allemand) qui correspond à 3,3 centimes par tonne et par kilomètre. Ce tarif s'applique aux minerais, aux houilles, aux cokes, aux fers et fontes bruts et aux matières premières en général. Il existe même dans quelques directions, des tarifs à 2 centimes environ pour favoriser l'importation et l'exportation de certaines matières premières.

Mais ce ne sont pas les différences dans les tarifs sur les voies ferrées qui grèvent surtout la production des machines et des métaux français. C'est, nous l'avons dit, la position géographique de nos centres industriels par rapport aux lieux de production des matières premières et par rapport à la mer par où arrivent à bon marché lesdites matières.

Examinons brièvement quelle est la situation dans les quatre pays industriels.

En Angleterre, les houilles sont disséminées un peu partout sur le territoire industriel, dans le voisinage de la mer ou à une distance peu considérable, si on la compare à celle que l'on trouve en France. Des voies ferrées nombreuses partent des houillères anglaises et assurent les transports dans un délai très court, sans amener l'encombrement. Dans le pays de Galles et à Glasgow, en Écosse, le transport des houilles se réduit pour ainsi dire à une simple manutention d'usine.

En ce qui concerne les minerais, l'Angleterre possède, notamment dans le Cleveland et dans le Cumberland, sur le bord de la mer, deux centres d'approvisionnement très importants, très considérables; le premier fournit des minerais phosphoreux très convenables pour la production des fers à bon marché, et le second fournit des minerais hématites, très bons pour produire économiquement des fontes à acier à traiter par le procédé Bessemer.

Le transport des minerais anglais aux hauts fourneaux et aux forges

qui les traitent est peu considérable, puisque ces usines sont elles-mêmes sur le bord de la mer, assez voisines des mines de fer.

D'ailleurs ces usines sont aussi très bien placées pour recevoir à un prix relativement très bas les minerais de la Méditerranée et surtout ceux de Bilbao (Espagne) dont le prix est descendu depuis quelques années au prix de 7 francs à 9 francs par tonne sous vergues au port d'embarquement sur la rivière de Bilbao. Le prix de transport jusqu'aux usines anglaises ne dépasse guère 6 schellings, c'est-à-dire 7 à 8 francs par tonne.

Enfin, en Angleterre, les transports jusqu'aux usines sont favorisés par l'existence de rivières à marées, profondes et navigables, dans lesquelles les bateaux de mer peuvent souvent remonter jusqu'au lieu de déchargement.

Pour compléter l'examen comparatif succinct que nous faisons, nous devons ajouter que les transports sur les chemins de fer anglais se font souvent à des tarifs kilométriques plus élevés qu'en France, parce qu'ils s'exercent sur de plus faibles longueurs.

Nous pouvons admettre qu'en moyenne, les frais de transport grevant en Angleterre le prix de revient d'une tonne de fer ordinaire, s'élève à 15 francs pour le transport des minerais, des houilles et cokes et des autres matières premières, depuis leur lieu de production ou d'extraction jusqu'à l'usine métallurgique qui, en Angleterre, se trouve le plus souvent sur la même rivière que le marché ordinaire de vente. Les frais de transport s'élèvent de 30 à 35 francs par tonne d'acier laminé. Ces frais comprennent le transport des minerais depuis la mine anglaise ou étrangère. Pour établir ces moyennes, nous avons considéré le Cleveland, le Staffordshire et Glasgow pour le fer, et le Pays de Galles, Barrow in Furness, Le Cleveland et Sheffield pour l'acier.

Considérons maintenant quelle est la situation *en Allemagne*, ou plutôt dans le bassin de la Rühr en Westphalie, dont la production métallurgique et minière représente plus de la moitié de la production totale de l'Allemagne du Nord.

Les houilles n'ont qu'un faible transport à supporter pour arriver à l'usine avec laquelle la fosse à charbon se trouve le plus souvent reliée par une voie ferrée spéciale. Le bassin houiller est sillonné d'ailleurs par trois lignes de chemin de fer concurrentes qui permettent aux produits du bassin de se rendre rapidement et à bas prix aux lieux de consommation.

La Westphalie n'est pas aussi riche en minerais qu'en houilles; cependant, non loin du bassin carbonifère, on trouve des richesses minières importantes, parmi lesquelles on ne peut passer sous silence les minerais carbonatés manganésifères du pays de Siegen qui sont très propres à la fabrication des spiegeleisen, et les hématites de Nassau. De plus, le bassin houiller lui-même renferme, principalement au nord, des minerais phosphoreux, carbonatés ou peroxydés, que l'on exploite sur une assez grande échelle.

La Westphalie consomme pour la fabrication de l'acier, une grande quantité annuelle, environ 300,000 tonnes, de minerais de la Méditerranée, de l'Algérie et de Bilbao, qui arrivent à Rotterdam pour remonter le Rhin jusqu'à Rûhrort et Duisbûrg. Le transport par eau se fait aussi quelquefois par le port d'Anvers. Le prix de ce transport, depuis la mer jusqu'à l'origine du bassin, ne dépasse pas 3 à 4 francs par tonne et descend au-dessous de 3 francs par Rotterdam. On arrive à cette conclusion, que les usiniers de Westphalie reçoivent leurs minerais méditerranéens à meilleur marché que nos usines de la Loire et du Creuzot; les minerais de Bilbao arrivent avec moins de frais chez Krupp, à Essen, que dans nos aciéries du département du Nord.

Cela tient à ce que, d'une part, les frets sont très peu élevés pour Rotterdam, et d'autre part, ce port se trouve relié au bassin houiller et métallurgique par une voie navigable de premier ordre, le Rhin.

Jusqu'à ces dernières années, l'Allemagne a été tributaire de l'Angleterre pour les fontes Bessemer venant du Cumberland et pour les fontes de moulage venant de Cleveland ou d'Écosse. Les fontes entrent par Rotterdam et par Anvers et payent par eau jusqu'à Rûhrort de 3 à 4 francs par tonne (chargement de 400 tonnes). Par chemin de fer, le prix d'Anvers est de 7 fr. 50 pour Rûhrort, et de 8 fr. 40 pour Bochum qui est le centre du bassin métallurgique.

Nous pouvons admettre que les frais de transport des matières premières en Westphalie, depuis leur lieu d'extraction jusqu'à l'usine, sont les suivants :

Par tonne de fer ordinaire. . . .	25 francs.
Par tonne d'acier laminé . . .	50 francs.

En France, les frais de transport grèvent d'une plus forte somme le prix de revient d'une tonne de fer ou d'acier. Cela tient à l'éloignement des mines de houilles et des usines de fer, et à la grande distance de la

mer à laquelle se trouvent nos principales usines métallurgiques, c'est-à-dire le groupe de la Loire, le Creuzot et les autres usines du Centre, et enfin les usines du Nord et du Nord-Est. Les frais sont surtout élevés pour les minerais destinés à la fabrication de l'acier, qui ont à supporter un transport de 250 à 300 kilomètres, et même bien davantage s'il s'agit des usines du Centre, puisque les minerais proviennent principalement de l'Algérie, de la Méditerranée, des Pyrénées et de Bilbao.

En faisant le compte pour les trois centres métallurgiques principaux qui viennent d'être cités, on trouve que les frais de transport grèvent une tonne de fer français d'environ 35 francs, une tonne d'acier de 72 francs en moyenne. Ces frais comprennent, non seulement, les frais de transport des matières premières, depuis leur lieu de production ou d'extraction, mais aussi le transport du produit fini pour l'amener à la gare la plus voisine ou sur le quai d'embarquement tout voisin de la forge. C'est dans les mêmes conditions que nous avons évalué les frais en Angleterre et en Allemagne.

Pour les fontes moulées, les frais de transport peuvent être considérés, dans les trois pays, comme sensiblement les mêmes que les frais grevant les fers laminés ordinaires.

Nous avons maintenant tous les éléments pour chiffrer les excédents de frais de transport qui surchargent les prix de revient des neuf catégories de machines ci-dessus.

Ces surcharges sont les suivantes :

1° Par tonne de fer laminé ordinaire ou de fonte moulée.

Frais, fers français	35 fr.
— *fers anglais*.	15
Surcharge pour les produits français	20 fr.
Frais en France.	35
— *en Allemagne*	25
Surcharge pour les produits français	10 fr.

2° Par tonne d'acier laminé.

Frais en France	72 fr.
— *en Angleterre*	32
— *en Allemagne*	50

La surcharge est donc pour les produits français de 40 francs par tonne d'acier par rapport aux produits anglais; elle est de 22 francs par rapport aux produits allemands.

En appliquant ces surcharges aux quantités inscrites dans les prix de revient de neuf machines, nous avons été conduit au tableau suivant:

DÉSIGNATION DES MACHINES	SURCHARGES DE TRANSPORT			
	PAR RAPPORT AUX MACHINES ANGLAISES		PAR RAPPORT AUX MACHINES ALLEMANDES	
	Par machine.	En centièmes du prix de revient.	Par machine.	En centièmes du prix de revient.
Locomotive	970	2 %	500	1,1 %
Tender	270	2,7	140	1,4
Générateur à bouilleurs	375	4,4	187	2,2
Générateur tubulaire	384	3,2	192	1,6
Petite machine à vapeur	184	2,6	92	1,3
Grosse machine à vapeur	1490	2,8	757	1,4
Pompe	14	3,0	7	1,5
Petite machine-outil	32	2,0	16	1,0
Machine-outil ordinaire	78	2,8	39	1,4

La surcharge des frais de transport pour les machines françaises est en moyenne de :

2,8 pour 100 du prix de revient, lorsqu'on les compare aux machines anglaises.

1,4 pour 100 du prix de revient lorsque la comparaison se fait sur les produits allemands.

Les surcharges ci-dessus ne comprennent pas celles qui peuvent provenir du transport de la machine depuis les ateliers jusqu'au lieu de vente; nous avons supposé dans les prix de revient que la livraison était effectuée aux ateliers du mécanicien-constructeur.

Elles ne comprennent pas non plus les transports applicables à la houille brûlée à l'atelier de mécanique ni ceux qui sont applicables aux dépenses passées par frais généraux, puisque nous n'avons fait compte que pour les métaux bruts entrant dans la construction des machines. Les surcharges ci-dessus pour frais de transport, sont donc des minima, et des grands minima.

Nous allons totaliser les surcharges qui frappent les machines françaises en les exprimant en tant pour cent du prix de revient en France,

1° Par rapport aux machines anglaises.

Désignation des Machines	Houille	Main-d'œuvre	Transports	Totaux
Locomotive	4,0	»	2,0	6,0
Tender	5,6	»	2,7	8,3
Générateur à bouilleurs	7,5	»	4,4	11,9
Générateur tubulaire	6,7	»	3,2	9,9
Petite machine à vapeur	4,2	»	2,6	6,8
Grosse machine à vapeur	4,0	»	2,8	6,8
Pompe	4,5	»	3,0	7,5
Petite machine-outil	3,0	»	2,0	5,0
Machine-outil ordinaire	3,8	»	2,8	6,6

La surcharge est en moyenne de 8 pour 100 pour les trois causes considérées.

Pour déterminer ce chiffre de 8 pour 100, nous n'avons pas tenu compte de la rémunération du capital que nous avons comprise, non pas dans le prix de revient, mais dans l'article aléa et bénéfice.

La plupart des industriels, et avec raison, portent comme **Frais généraux**, l'intérêt payé au capital engagé, lequel intérêt est à proprement parler le salaire du capital; mais alors le chiffre des frais généraux dépasse la proportion de 90 à 100 pour 100 du prix de la main-d'œuvre que nous avons introduite dans nos prix de revient; il varie, en France, depuis 100 jusqu'à 130 pour 100.

D'autres industriels et la presque totalité des sociétés anonymes ont pour habitude de ne pas passer par frais généraux l'intérêt du capital, et de le confondre avec le chapitre « aléa et bénéfice. » C'est dans cette hypothèse que nous avons raisonné en établissant les prix de revient.

Pour notre étude comparative, il est bon cependant de tenir compte de la différence de rémunération du capital dans les trois pays considérés. C'est en Angleterre que le capital est le moins rémunéré et c'est en Allemagne qu'il l'est le plus, parce que l'intérêt de l'argent est en raison inverse de son abondance, en vertu de la loi de l'offre et de la demande qui régit toutes les opérations commerciales.

Ceci nous amène à étudier l'importante question des *Frais généraux*, lesquels comprennent notamment les frais divers, les impôts, l'entretien et la dépréciation du matériel, machines-outils, etc.

En comparant les prix français et anglais, au point de vue des frais généraux, on trouve que ceux-ci sont moins élevés en Angleterre.

non seulement parce que l'abondance des capitaux placés dans l'industrie anglaise est plus grande, mais aussi en raison de ce que les industriels en Angleterre ont des comptes d'amortissement de matériel plus anciens et plus forts qu'en France où il est d'usage de se retirer des affaires, lorsqu'on a fait une fortune grande ou petite, au lieu de les continuer pour les céder à ses héritiers ou plutôt à l'un d'eux ainsi que cela est d'un usage presque général en Angleterre.

La non-liberté pour le père de famille de disposer de son bien en faveur du plus digne de ses enfants et l'obligation que lui fait le Code civil de le partager entre tous, empêchent souvent la continuation de l'établissement industriel. Le père de famille préfère céder à un tiers ou mettre son affaire en société anonyme, plutôt que de laisser après sa mort, un établissement qui devrait être vendu, le plus souvent, pour établir les comptes de la succession. En Angleterre il n'en est pas ainsi. L'établissement industriel reste dans la famille, dont les membres moins favorisés s'expatrient pour représenter la maison de la métropole, et pour accroître ainsi ses affaires et son influence commerciale. Les maisons industrielles anglaises disposent donc de capitaux plus importants et elles peuvent plus facilement renouveler leur outillage, lorsque les progrès accomplis en font une nécessité pour lutter victorieusement contre la concurrence.

Or, nous l'avons dit plus haut, le travail aux machines-outils s'impose aujourd'hui. Il faut donc absolument que l'industriel ait à sa disposition un capital suffisant pour posséder un puissant outillage, pour l'entretenir et pour le renouveler de temps en temps.

Il y a d'autres raisons qui expliquent l'augmentation des frais généraux en France. C'est, d'une part, l'élévation des impôts, et ce sont, d'autre part, les charges qui résultent des institutions humanitaires (caisse des retraites, caisse de secours, avantages accordés pour favoriser l'épargne, etc.). Ces charges sont plus grandes qu'en Angleterre et en Allemagne. Dans le premier de ces pays, l'ouvrier s'adresse plutôt aux compagnies d'assurances ou aux associations, et l'industriel se charge rarement des frais de la nature de ceux que les grands industriels français s'imposent dans l'intérêt des ouvriers. Quant à l'Allemagne, les institutions humanitaires sont si peu répandues, que l'on songe à faire intervenir la loi.

Enfin une dernière raison explique pourquoi les frais généraux sont moindres en Angleterre, malgré l'élévation des salaires auxquels les

frais généraux sont proportionnels, toutes autres conditions étant égales. C'est que les mécaniciens anglais fabriquent leurs produits sur de plus grandes quantités semblables, grâce à l'étendue de leurs relations commerciales et à la puissance de leur capital.

Pour toutes ces causes, les frais généraux sont plus grands en France qu'en Angleterre.

Or, les frais généraux entrent dans le prix de revient pour une proportion de 23 pour 100 environ, égale à peu près à celle de la main-d'œuvre. On peut très bien admettre que les frais généraux en y comprenant l'intérêt du capital engagé, sont de un quart à un cinquième moins élevés en Angleterre, ce qui représente environ 5 pour 100 du prix de revient.

La surcharge totale des produits français par rapport aux produits anglais est donc de treize pour cent en moyenne.

Voici le tableau général des surcharges pour les neuf catégories de machines dont la moyenne est de 13 pour 100 du prix de revient :

PAR RAPPORT A L'ANGLETERRE	Pour les trois causes premières.	Pour frais généraux.	Surcharge totale.
Locomotive	6,0 °/o	4,8 °/o	10,8 °/o
Tender	8,3	5,2	13,5
Générateur à bouilleurs	11,9	3,0	14,9
Générateur tubulaire	9,9	5,3	15,2
Petite machine à vapeur	6,8	5,3	12,1
Grosse machine à vapeur	6,8	5,0	11,8
Pompe	7,5	4,6	12,1
Petite machine-outil	5,0	6,0	11,0
Machine-outil ordinaire	6,6	5,5	12,1

2° Par rapport aux machines allemandes

Désignation des Machines	Houille	Main-d'œuvre	Transports	Surcharge totale
Locomotive	7.0	7.5	1.1	12.6
Tender	5.6	8.0	1.4	15.0
Générateur à bouilleurs	7.5	4 7	2.2	14.4
Générateur tubulaire	6.7	8.2	1.6	16.5
Petite machine à vapeur	4.2	8.2	1.3	13.7
Grosse machine à vapeur	4.0	7.8	1.4	13.2
Pompe	4.5	7.1	1.5	13.1
Petite machine-outil	3.0	9.3	1.0	13.3
Machine-outil ordinaire	3.8	8.5	1.4	13.7

La surcharge varie de 12,6 à 16,5 pour 100 ; elle est en moyenne de 14 pour 100, pour les trois causes analysées.

Il reste à tenir compte de la différence des frais généraux.

Les frais généraux se calculent généralement à tant pour 100 de la main-d'œuvre ; on admet donc qu'ils varient avec celle-ci ; donc si toutes les autres conditions étaient égales, les frais généraux seraient bien moins élevés en Allemagne qu'en France, puisqu'ils le seraient dans la même proportion que la main-d'œuvre. Mais les conditions ne sont pas égales.

Au point de vue des impôts que l'on passe en compte par frais généraux, les constructeurs allemands sont, il est vrai, privilégiés par rapport aux constructeurs français.

Mais d'autre part, il faut ne pas perdre de vue que les capitaux, étant moins abondants en Allemagne qu'en France, sont plus exigeants et grèvent davantage les frais généraux.

Nous avons réfléchi ; nous nous sommes renseigné autant que cela est possible en pareille matière et nous pensons que, somme toute, la dépense en frais généraux est moins élevée en Allemagne qu'en France, avec un écart qui nous paraît être de 1/10 au minimum ; mais nous ne sommes pas sûr de ce chiffre, comme nous le sommes pour les autres, donnés au cours de ce rapport.

Le prix de revient serait donc influencé de ce chef d'au moins 2 1/2 pour 100, moitié de la différence que nous avons trouvée pour l'Angleterre.

La surcharge totale des produits français par rapport aux produits allemands est donc de seize et demi pour 100 en moyenne.

Voici les chiffres de surcharge totale pour les neuf catégories de machines :

PAR RAPPORT A L'ALLEMAGNE.	POUR les trois causes analysées.	POUR frais généraux.	SURCHARGE totale.
Locomotive	12.6	2.2	14.8
Tender	15.0	2.4	17.4
Générateur à bouilleurs	14.4	1.4	15.8
Générateur tubulaire	16.5	2.4	18.9
Petite machine à vapeur	13.7	2.4	16.1
Grosse machine à vapeur	13.2	2.3	15.5
Pompe	13.1	2.1	15.2
Petite machine-outil	13.3	2.8	16.1
Machine-outil ordinaire	13.7	2.5	16.2

Les chiffres que nous venons de déterminer représentent des moyennes pour la France (Paris excepté).

Aussi peut-il se faire que certaines usines soient un peu moins grevées, de même que d'autres le soient un peu plus. Mais, dans tous les cas, les mécaniciens de Paris ont des charges plus grandes, tant au point de vue de la main-d'œuvre et des frais généraux, qu'au point de vue du transport des houilles.

IMPORTATION.

Les différences que nous avons déterminées par des chiffres établis avec le plus grand soin, et qui se traduisent par une moyenne de 13 pour 100 en faveur de l'Angleterre et par une moyenne de 16 1/2 pour 100 en faveur de l'Allemagne, ces différences, disons-nous, expliquent pourquoi certaines machines et appareils de provenance anglaise, allemande, ou belge, entrent en France malgré les droits de douane dont ils sont frappés à la frontière. (Traitement de la nation la plus favorisée.)

Voici les principaux de ces droits, correspondant aux machines dont les prix de revient sont plus haut.

Locomotive	9 fr.	les 100 kilog.
Tenders.	7 »	—
Chaudières à vapeur	de 8 à 12 »	—
Machines à vapeur	6 »	—
Machines diverses.	de 6 à 10 »	—
Machines-outils.	de 6 à 15 »	—
Machines de filature et de tissage.	5 »	—

Ces droits représentent :

Pour les locomotives		6	p. 100	du prix de revient.	
—	tenders	8	—	—	
—	chaudières à vapeur	16	—	—	
—	machines à vapeur.	7	—	—	
—	machines diverses	de 8 à 10	—	—	Moyenne
—	machines-outils	de 8 à 15	—	—	10 p. 100
—	mach. de filat. et tissage. .	de 4 à 6	—	—	

En faisant la comparaison entre les droits de douane et les surcharges pour la France, on voit que :

1° Pour les locomotives il reste aux Anglais une marge de 5 pour 100 du prix de revient et aux Allemands une marge de 9 pour 100.

2° Pour les tenders, la marge est de 5 1/2 pour 100 pour les Anglais et de 9 pour 100 pour les Allemands.

3° Pour les chaudières à vapeur, la marge est insignifiante ; elle est à l'avantage des Français, vis-à-vis de l'Angleterre, 1 pour 100 ; entre les Français et les Allemands, on arrive à la même différence de 1 à 2 pour 100, mais en faveur des Allemands.

4° Pour les machines à vapeur, il reste aux Anglais une marge de 5 pour 100, et aux Allemands 9 pour 100.

5° Pour les machines-outils et pour les machines diverses, il reste aux Anglais une marge de 2 pour 100 et aux Allemands 6 pour 100.

6° Pour les machines de filature et de tissage, la marge est de 6 pour 100 en faveur des Anglais et de 11 pour 100 en faveur des Allemands.

Sur les marges en faveur des industriels anglais et allemands, ceux-ci doivent prélever les frais de transport depuis leur usine jusqu'aux lieux de vente en France ou plutôt jusqu'à la frontière française.

Ces frais de transport sont très variables, mais on est très près de la vérité en admettant comme moyenne, qu'ils représentent 2 pour 100 de la valeur des produits anglais et 4 pour 100 de la valeur des produits allemands.

En résumé.

Au point de vue de **l'importation en France** des machines anglaises, allemandes et belges, nous pouvons conclure que les constructeurs étrangers sont placés à peu près sur le même pied dans les trois pays, et qu'ils ont en leur faveur une marge qui est le plus souvent de 3 à 5 pour 100, à l'exception toutefois des chaudières à vapeur pour lesquelles la marge est en faveur des constructeurs français pour un quantum de 2 pour 100 du prix de revient.

Les droits de douane ne protègent donc pas suffisamment les mécaniciens français, puisque ces droits ne sont pas compensateurs au point de vue du prix de revient, c'est-à-dire tous bénéfices étant mis de côté.

EXPORTATION.

En ce qui concerne **l'exportation**, c'est-à-dire au point de vue de la lutte des quatre principaux pays industriels de l'Europe, sur les marchés étrangers, la France se trouve dans un état d'infériorité, que nous avons chiffré plus haut dans tous les tableaux que nous avons dressés.

Toutefois les chiffres trouvés doivent subir deux corrections.

1° Les constructeurs-mécaniciens français jouissent du **drawback**, c'est-à-dire qu'ils peuvent faire entrer en franchise des métaux bruts étrangers à charge de les exporter sous forme de produits fabriqués.

Le drawback apporte aux mécaniciens français un avantage qui peut être considéré comme égal aux droits de douane des métaux bruts (voir l'annexe), lesquels droits sont, par tonne :

50	francs	pour les fers laminés ;
70	—	pour les tôles laminées ;
25 à 32	—	pour les fontes moulées ;
15	—	pour les fontes en gueuses ;
60 et 90	—	pour les aciers.

En tenant compte des proportions de chaque métal entrant dans la composition des machines, les droits ci-dessus représentent, en moyenne, 35 à 40 francs par tonne qu'il faut mettre en regard du prix de revient pour en tirer le tant pour cent dont les constructeurs sont bonifiés par le drawback.

Le prix moyen de revient pour les neuf catégories étant de 92 francs les 100 kilos, et la bonification moyenne étant de 3 fr. 75, celle-ci représente 4 pour 100 du prix de revient. — Mais il ne faut compter que les trois quarts environ de cette bonification, parce qu'en fait les constructeurs ne peuvent profiter aujourd'hui du drawback que pour les trois quarts des matières entrant dans la construction des machines. Souvent même les industriels renoncent au bénéfice du drawback, dont l'exercice est accompagné de formalités trop grandes et soumis à des conditions souvent irréalisables.

La bonification est donc en définitive d'au plus 3 pour 100, qu'il faut déduire des chiffres de surcharge qui ont été déterminés.

2° Il faut faire le compte des **frais de transport** dans les quatre pays pour amener les machines depuis les ateliers de construction jusqu'à un port de mer fréquenté, car c'est surtout par la voie maritime que se font les exportations.

Ce compte des frais de transport est loin de tourner à l'avantage de la France.

En effet, en Angleterre, la situation est très favorable pour les transports ; nous en avons donné les raisons. Mais admettons que les transports de machines pour l'exportation se font par voie ferrée ; nous serons ainsi bien plus dans la réalité pour les machines, parce qu'on préfère payer un peu plus cher et arriver plus vite et plus sûrement au port d'embarquement d'où partent les paquebots à jours fixes. Il faut compter sur un transport de 7 à 9 francs seulement par tonne.

En Belgique, on se trouve dans des conditions semblables. Les frais de transport des machines jusqu'à Anvers coûtent dans les 7 à 8 francs, à raison d'environ 6 centimes par kilomètre et par tonne.

En Allemagne, on traite au prix ci-dessus pour descendre par eau jusqu'à Rotterdam, mais ne comptons que sur le chemin de fer, comme nous l'avons dit pour l'Angleterre. Les machines et les générateurs se transportent sur rails à raison de 6 centimes par wagon complet de 5 tonnes, et de 5 centimes par wagon de 10 tonnes. L'application du tarif de 6 centimes conduit, du bassin de la Rühr à Rotterdam ou à Amsterdam, à un prix moyen de 13 à 14 francs par tonne. Le prix est plus élevé pour les autres centres de production de machines allemandes qui sont, sauf exception, plus éloignés de la mer que le bassin de la Rühr.

Arrivons à la France. Le transport des machines jusqu'au port d'exportation est très élevé. Considérons les trois directions suivantes qui sont assez fréquentées pour l'exportation, de Paris au Havre, de Lille au Havre, et de Lyon à Marseille.

Paris au Havre (226 kilomètres). Les machines non emballées payent 28 francs par tonne, d'après le tarif spécial d'exportation n° 24. C'est du transport à 12 centimes par tonne kilométrique, si l'on retranche les frais accessoires (frais de gare et de manutention) qui entrent dans le tarif français pour 1 franc par tonne, quand le tonnage est de 4,000 à 5,000 kilos, et pour 1 fr. 50 sans condition de tonnage. Le prix du transport est augmenté de moitié pour les masses indivisibles de 5,000 à 8,000 kilos; le prix devient double pour les masses de 8,000 à 10,000 kilos; au delà de 10 tonnes la Compagnie n'est pas tenue de transporter.

Lille au Havre (354 kilomètres). Les machines non emballées payent 29 à 30 francs par tonne; les générateurs payent 40 francs. Ce sont des tarifs à 8 centimes et à 11 centimes, avec une surtaxe de moitié en plus pour les masses indivisibles de 5,000 à 10,000 kilos.

Lyon à Marseille (353 kilomètres) ou Saint-Étienne à Marseille. Les machines non emballées se transportent à raison de 28 francs par tonne, avec une surtaxe de moitié pour les masses indivisibles de 5,000 à 8,000 kilos. Au delà de 8,000 et jusqu'à 20,000 kilos, la taxe devient

à 15 centimes par kilomètre et par tonne au lieu de 7 centimes 1/2 qui correspondent au prix de 28 francs.

En résumé, les machines destinées à l'exportation payent en France un transport de 28 francs par tonne, et de 42 à 56 francs lorsque les machines ou les générateurs ont un poids supérieur à 5,000 kilos.

Ces prix sont beaucoup trop élevés et nous ne comprenons pas qu'il en soit encore ainsi. Aussi qu'arrive-t-il souvent pour les appareils mécaniques construits dans le département du Nord par exemple? Ils prennent la direction de la Belgique et ils vont s'embarquer à Anvers (143 kilomètres), puisque le transport ne s'élève pour les machines et générateurs qu'à 8 ou 9 francs par tonne ; c'est un tarif à 6 centimes.

Ces machines n'ont même pas intérêt à aller s'embarquer à Dunkerque, port bien moins fréquenté et moins bien outillé, le transport de Lille à ce port (85 kilomètres), coûtant 9 fr. 50 à 11 francs, tarifs de 10 à 12 centimes, avec surtaxes pour les masses indivisibles.

Il résulte donc en définitive une nouvelle surcharge pour les machines françaises destinées à l'exportation. Les frais de transport (2 fr. 80 par 100 kilos), correspondent à 3 pour 100 du prix de revient (92 francs les 100 kilos), alors que ces frais ne sont que de 1 pour 100 en Angleterre et en Belgique et de 1 1/2 pour 100 en Allemagne pour la Rühr et 2 1/2 à 3 pour 100 pour les autres centres industriels.

Nous avons maintenant tous les éléments pour faire les deux corrections plus haut signalées. Les machines françaises destinées à l'exportation ont par rapport aux machines anglaises une sur-

charge de.	13 pour 100
A ajouter : Pour excédent de transport jusqu'au port d'embarquement	2 pour 100
Total	15 pour 100
A retrancher pour drawback.	3 pour 100
Reste en faveur des machines anglaises. .	12 pour 100

Les fabricants anglais se trouvent aussi favorisés à un autre point de vue. Les débouchés nombreux et considérables que l'Angleterre s'est assurés sur tous les points du globe, permettent à ses industriels de fabriquer leurs produits par grandes quantités semblables, ce qui est

encore une cause d'abaissement du prix de revient non seulement pour les frais généraux, mais aussi pour la main-d'œuvre et pour l'achat des matières. Le travail au moyen des machines-outils en remplacement du travail à la main procure des avantages encore plus grands, lorsqu'il s'agit de pièces à répétition. Le chiffre de 12 pour 100 est donc un minimum.

Par rapport aux machines allemandes la surcharge est de.	16,5 pour 100
A ajouter : pour excédent de transport. .	1 pour 100
Total	17,5 pour 100
A retrancher pour drawback.	3 pour 100
Reste en faveur des machines allemandes.	14,5 pour 100

Nous avions donc raison de dire qu'au point de vue de l'exportation, la France se trouve dans un état d'infériorité très grande.

Est-ce à dire que le marché extérieur nous soit absolument fermé pour les machines ou appareils employés dans l'industrie?

Non, cela n'est pas d'une façon absolue, parce qu'il y a un autre facteur que le prix, qui entre en ligne de compte pour un acheteur. Ce facteur, c'est le fini d'exécution, c'est la disposition spéciale de la machine qui la rendent ou plus économique ou plus propre à l'usage auquel elle est destinée. Dans ce cas, l'écart du prix sera plus grand que celui ci-dessus, lorsque la machine (la machine allemande par exemple), sera construite avec moins de soins, en y consacrant une main-d'œuvre moindre. Plus haut nous avons supposé la même main-d'œuvre en ne tenant compte seulement que du prix différent des salaires.

On conçoit très bien qu'un acheteur intelligent ait intérêt à acheter un peu plus cher, soit une machine à vapeur qui consommera moins de houille pour fournir la même force, le même travail qu'une autre machine moins chère, soit un appareil spécial à telle ou telle industrie qui permettra de fabriquer par jour un bien plus grand nombre de pièces avec une main-d'œuvre moindre ou même égale, ou qui permettra de fabriquer un produit supérieur.

Tel est le cas de quelques machines françaises et il faut bien qu'il en soit ainsi puisqu'elles ont remporté à l'exposition d'Amsterdam un succès éclatant qui est attesté par les hautes récompenses qui leur ont été décernées par le Jury international.

Néanmoins il faut faire quelques réserves pour certaines machines qui n'étaient pas représentées à l'exposition d'Amsterdam ou qui l'étaient d'une façon incomplète. Nous voulons parler, par exemple, des machines-outils à travailler les métaux, et des machines de filature et de tissage. Pour ces machines, certains constructeurs anglais sont supérieurs aux constructeurs français pour le fini d'exécution et pour l'ingéniosité de la disposition, de sorte que lesdites machines anglaises, ou tout au moins quelques-unes, sont à juste titre préférées, parce qu'elles rendent plus de services et parce qu'elles permettent de mieux fabriquer.

Mais, il ne faut pas l'oublier, le prix est le facteur le plus important; c'est lui que l'acheteur met le plus souvent en première ligne. C'est donc le bas prix qui décide presque toujours du marché, à moins cependant qu'il n'y ait privilège par suite de brevet d'invention.

Dans ce cas, et c'est justice, l'inventeur se trouve à même de jouir de sa propriété pendant un certain nombre d'années, sans être inquiété par un constructeur mieux placé que lui au point de vue du prix de revient.

A ce propos, observons que la propriété industrielle n'est pas reconnue dans tous les pays dans les mêmes conditions, de sorte que l'inventeur ne peut se faire protéger partout, ou néglige de le faire parce que les charges sont trop lourdes ou les formalités trop grandes.

La France et l'Angleterre sont les deux pays européens dans lesquels ont surgi le plus grand nombre d'inventeurs; c'est donc à elles que profiterait le plus, une législation uniforme et libérale au point de vue de la propriété industrielle internationale.

Enfin, il y a encore un cas dans lequel le constructeur deshérité pour le prix de revient, peut néanmoins arriver à obtenir telle ou telle fourniture. C'est lorsqu'il s'agit de faire une étude spéciale pour remplir telles ou telles conditions qui ne se sont pas encore rencontrées de sorte qu'il faut absolument, pour avoir la fourniture, présenter une combinaison mieux goûtée, c'est-à-dire plus ingénieuse et mieux étudiée sans être beaucoup plus chère.

Dans ce cas, la France est supérieure à ses concurrents. Le personnel technique de ses industriels est plus apte à sortir victorieux de cette sorte de tournoi. La preuve n'en est pas à faire; il suffit de se reporter aux grands concours (de travaux publics principalement) qui ont été ouverts en Autriche-Hongrie, en Roumanie, en Égypte, en

Espagne, en Portugal et dans d'autres pays. Toutefois l'Allemagne fait des progrès dans cette voie, grâce sans doute aux nombreuses écoles supérieures techniques dont elle a été dotée depuis quinze ans.

Nous avons terminé l'étude que nous nous sommes proposé de faire. Nous croyons avoir fourni dans notre sphère des renseignements plus ou moins techniques qui ne seront pas inutiles, pensons-nous, à l'Administration du Commerce pour discuter les questions qui se rattachent aux traités de commerce et à l'avenir industriel et commercial de notre chère France.

A notre étude relative à la mécanique se joindront sans doute des études similaires pour d'autres industries.

La situation de la France au point de vue de la prospérité agricole et industrielle est loin d'être ce qu'elle était il y a quelques années encore. Il importe donc de se rendre compte des causes qui ont amené ou qui vont amener la diminution de la richesse publique. Quelques-unes de ces causes, comme l'invasion du phylloxera par exemple, sont bien faciles à voir, mais d'autres sont complexes et parmi elles nous rangeons celles que nous nous sommes efforcé de mettre en lumière au cours de cette étude.

Les tableaux de nos douanes accusent depuis quelques années une diminution de nos exportations en produits fabriqués, tandis qu'au contraire il y a augmentation à l'importation de ces mêmes produits. Il faut admettre, il est vrai, que les chiffres ne sont pas d'une exactitude rigoureuse tant au point de vue de la valeur des objets qu'au point de vue de la classification en produits fabriqués et en matières premières.

Mais si l'on rapproche le fait que nous venons de rappeler, de celui-ci : que chez la plupart de nos voisins et surtout en Allemagne, les exportations d'objets fabriqués ont augmenté au lieu de diminuer, on arrive à conclure qu'il faut absolument prendre les mesures nécessaires pour améliorer la situation de l'industrie et du commerce en France.

Ce soin incombe surtout à l'administration publique et à nos législateurs. C'est à eux qu'il appartient de rechercher résolument ce qu'il faut faire ou ne pas faire.

Quant à nous, nous ne voulons pas sortir du cadre que nous nous sommes tracé, mais néanmoins qu'il nous soit permis de clore ce rapport en formulant quelques vœux dont la réalisation serait, suivant nous, de nature à améliorer les conditions de l'industrie mécanique française.

Houilles. — Chercher un abaissement du prix des houilles en diminuant encore le prix du transport à grandes distances, c'est-à-dire en mettant toutes nos voies navigables à même de servir au transport des houilles comme les canaux du Nord.

Main-d'œuvre. — Éviter une nouvelle élévation de la main-d'œuvre ou même en rechercher l'abaissement, non pas en diminuant les ressources des ouvriers, mais en diminuant leurs charges qui sont véritablement trop élevées dans les villes.

Étudier le remplacement partiel des octrois par un autre impôt plus équitablement réparti entre tous les citoyens. Les droits sur certains objets de première nécessité sont trop forts et chargent outre mesure les travailleurs.

Intervenir auprès des compagnies de chemins de fer pour établir des tarifs de transport par abonnement à *prix très réduits*, matin et soir, pour les ouvriers. L'Angleterre et la Belgique sont entrées dans cette voie; en France nous ne connaissons que la Compagnie d'Anzin qui y soit entrée sérieusement.

En Belgique, pour une modique somme par semaine ou par quinzaine, un ouvrier peut aller et venir rapidement à une distance de 15 à 25 kilomètres. Il est ainsi logé à bas prix et plus confortablement; sa nourriture est plus saine, plus économique sans compter les autres avantages matériels et moraux qu'il ne trouve pas dans une grande ville. En habitant la campagne, l'ouvrier rangé arrivera assez rapidement à posséder une maison et à trouver au milieu de sa famille, des satisfactions et un bien-être qui lui font défaut dans une ville.

A ce point de vue, le réseau ferré métropolitain de Paris s'impose à bref délai pour le transport rapide et économique des ouvriers, en donnant la correspondance avec les tramways et les omnibus à certaines heures dans la semaine.

Encourager la participation des ouvriers aux bénéfices afin de les intéresser au succès. On arrivera facilement à produire moins cher et on réalisera l'union si désirable entre le capital et le travail, dont il existe déjà des exemples assez nombreux.

Transports. — Mettre le réseau des voies navigables en état de transporter convenablement les matières lourdes et de peu de valeur, comme les minerais, les houilles, les fontes et les fers. Installer sur les

points de transbordement et sur les points de jonction avec les chemins de fer des appareils de chargement et de déchargement, suffisamment puissants, qui font défaut. Établir des tarifs à prix réduits au départ et à destination desdits points de jonction.

En un mot, créer une concurrence sérieuse entre les transports sur les voies ferrées et sur les voies d'eau.

Obtenir de toutes les compagnies de chemins de fer français, l'abaissement du prix de transport des machines, générateurs et bacs, à un taux uniforme de 5 à 6 centimes par tonne kilométrique comme en Belgique et en Allemagne.

Un premier pas dans cette voie à faire immédiatement devrait consister à transporter les machines non emballées aux prix actuels des machines emballées en supprimant la surtaxe énorme appliquée aux masses indivisibles, sauf à augmenter pour ces masses les frais de gare et de manutention.

Changer les délais de transport qui sont donnés aux compagnies et qui sont beaucoup trop longs.

L'absence de concurrence rend ces réformes urgentes, indispensables puisqu'on ne peut s'adresser à une autre compagnie de transport sur rails, comme cela arrive en Angleterre.

Diminuer les *impôts* qui frappent les industriels, les agriculteurs, les commerçants et autres travailleurs et augmenter par contre les impôts pour les oisifs, les spéculateurs et pour les rentiers qui n'ont pas atteint l'âge de la vieillesse. On améliorerait ainsi la situation de tous les travailleurs; on diminuerait le prix de revient et les capitaux se porteraient plus facilement vers l'industrie où ils sont indispensables pour lutter contre la concurrence étrangère.

Perfectionner, encore et toujours, l'*outillage* pour le tenir à la hauteur de celui de nos concurrents.

Développer nos relations d'outre-mer et créer *des débouchés nouveaux* pour nos produits.

Modifier les *articles* 913 *et suivants du Code civil* qui limitent la liberté en matière de donations entre vifs, et de testaments, lorsque le donateur ou le testateur ont des descendants ou des ascendants. Il faudrait limiter moins la liberté du père de famille, c'est-à-dire augmenter la quotité de biens disponible. L'industrie pourrait ainsi se continuer plus facilement

de père en fils, ce dont nous avons fait ressortir tout l'intérêt au point de vue du prix de revient et du renouvellement de l'outillage. D'autres avantages résulteraient de la modification de la loi sur la portion de biens disponibles, mais par contre les objections et les inconvénients seraient nombreux. Ce serait s'écarter de notre cadre que de les examiner ici, de même que, voulant rester sur le terrain technique, nous n'avons pas recherché quelle influence, au point de vue politique ou social, pourrait avoir la modification que nous proposons en considérant seulement le point de vue industriel.

Dans nos *ports de commerce*, ou tout au moins dans les principaux, continuer l'amélioration des appareils de manœuvre, de déchargement et de chargement pour les mettre dans d'aussi bonnes conditions que le port d'Anvers et que les grands ports anglais.

Poursuivre les négociations entamées avec les gouvernements étrangers pour arriver à une législation uniforme sur la *propriété industrielle internationale.*

Continuer à développer les cours publics au Conservatoire des arts et métiers et *l'enseignement supérieur technique* à l'École centrale; donner à cette école des collections en machines et en modèles d'appareils industriels qui lui font absolument défaut. Lui donner aussi des laboratoires bien installés comme ceux de l'Allemagne, qui, depuis quinze ans, s'est imposée dans ce but des sacrifices d'argent considérables.

Améliorer *l'enseignement secondaire technique* donné par les Écoles d'arts et métiers qui ont déjà rendu de grands services.

Développer enfin *l'enseignement professionnel,* c'est-à-dire l'enseignement primaire technique, en créant sur plusieurs points du territoire des écoles d'apprentissage, de dessin, et des musées industriels et commerciaux.

ANNEXE

Produits métallurgiques.

Au cours de ce rapport, nous avons déterminé quelles sont les dépenses faites en France, en Angleterre et en Allemagne, pour la houille et les transports nécessaires à la production d'une tonne d'acier ou de fer laminés bruts.

Il y a une autre dépense qui présente aussi une différence dans les trois pays, c'est celle qui concerne les minerais.

En dehors de ces trois chefs de dépense on peut considérer que les différences ont peu d'influence sur les autres éléments du prix de revient des produits des forges et aciéries. Toutefois, il y a compte à faire pour les frais généraux et aussi pour la main-d'œuvre quand il s'agit de l'Allemagne.

Il est intéressant de totaliser les chiffres relatifs à la houille, aux minerais, aux frais de transport, aux frais généraux et à la main-d'œuvre afin d'en déduire les surcharges pour les produits métallurgiques français, et afin de vérifier, par conséquent, si les droits de douane sont ce qu'ils doivent être.

Pour la production du fer, on peut compter qu'il faut employer :

En France, 3,300 kilos de minerais coûtant 6 fr. 50 en moyenne à la mine.

En Angleterre, les minerais étant un peu plus pauvres, il faut employer 3,800 kilos valant 3 fr. 50 à 4 francs.

En Allemagne, 3,400 kilos à 5 francs en moyenne.

Pour la production de l'acier, les minerais ont partout la même richesse moyenne ; il faut en employer 2,200 kilos pour produire une tonne d'acier laminé. Le prix moyen à la mine est de 14 francs pour ceux qui alimentent les aciéries françaises et allemandes ; il est de 12 francs seulement pour l'Angleterre.

Voici un tableau récapitulatif des *dépenses dans les trois pays, en houille, en minerais et en frais de transport.*

Production du fer et de l'acier.

1° Par tonne de fer laminé, qualité ordinaire.	France.	Angleterre.	Allemagne.
	fr. c.	fr. c.	fr. c.
1° Houille brute.			
En France, 5 tonnes à 11 fr. 50	57,50		
En Angleterre et en Allemagne, 5 tonnes à 5 fr. 50.		27,50	27,50
2° Minerais.			
En France, 3,300 kilog. à 6 fr. 50	21,40		
En Angleterre, 3,800 à 4 fr.		15,20	
En Allemagne, 3,400 à 5 fr.			17, »
3° Frais de transport.			
En France	35, »		
En Angleterre		15, »	
En Allemagne			25, »
	113,90	57,70	69,50
2° Par tonne d'acier laminé, rails, etc.			
1° Houille brute.			
En France, 4 tonnes à 11 fr. 50	46, »		
En Angleterre, en Allemagne, 4 tonnes à 5 fr. 50.		22, »	22, »
2° Minerais.			
En France, 2,200 kilog. à 14 fr.	30,80		
En Angleterre, 2,200 kilog. à 12 fr.		26,40	
En Allemagne, 2,200 kilog. à 14 fr.			30,80
3° Frais de transport.			
En France	72, »		
En Angleterre		32, »	
En Allemagne			50, »
	148,80	80,40	102,80

Nous avons supposé que la houille et les minerais étaient extraits et livrés sur le carreau de la mine. Nous avons donc laissé de côté les éléments du prix de revient des matières premières, pour en réserver l'étude aux ingénieurs qui s'occupent spécialement de mines.

Tirons une conclusion de ce qui précède en établissant quelles sont les surcharges pour les métallurgistes français.

Fers.

Par rapport aux métallurgistes anglais :

En France, les dépenses en houille, en minerais et en frais de transport sont de 113 90
En Angleterre 57 70

Différence par tonne de fer. 56 20
A ajouter pour différence dans les frais généraux. 2 50

58 70

Par rapport aux métallurgistes allemands :

Dépenses en France. 113 90
Dépenses en Allemagne. 69 50

Différence par tonne de fer. 44 40
Il y a lieu d'ajouter pour différence dans la main-d'œuvre environ. . . . . 4 »
Pour différence dans les frais généraux. 1 25

49 65

Aciers.

Par rapport aux métallurgistes anglais, les dépenses par tonne de produits laminés, rails, etc., sont les suivantes pour les trois chefs considérés :

En France. 148 80
En Angleterre. 80 40

Différence par tonne d'acier 68 40
A ajouter pour différence dans les frais généraux. 3 35

71 75

Par rapport aux métallurgistes allemands :

Dépenses en France. 148 80
Dépenses en Allemagne. 102 80

Différence. . . . . 46 »
Diminution dans la main-d'œuvre. . . 5 »
Différence dans les frais généraux . . . 1 70

52 70

Nous n'avons pas tenu compte dans notre étude du nouveau procédé basique de MM. Thomas et Gilchrist, pour la fabrication de l'acier et plus spécialement des rails d'acier. Les calculs ne sont pas faits dans l'hypothèse de l'emploi de ce procédé qui n'est pas encore entré dans la pratique courante des métallurgistes ayant à traiter des minerais phosphoreux.

En résumé les droits d'entrée en France sont protecteurs vis-à-vis des métaux bruts allemands. Toutefois les droits ne sont pas suffisants pour quelques produits spéciaux, pour lesquels il faut employer des fontes manganésées, dites *spiegeleisen*, qui sont à très bas prix en Allemagne. Mais il importe d'appliquer loyalement les droits et de ne pas considérer comme fers des produits fondus, c'est-à-dire des aciers, qui sont présentés à la frontière sous le nom de fers homogènes.

Mais en ce qui concerne les fers anglais et les rails d'acier anglais, les droits sont à peine compensateurs puisque :

Pour les fers, la surcharge pour la France est de 58 francs, alors que le droit est de 50 francs.

Pour les rails d'acier, la surcharge est de 71 francs, le droit étant de 60 francs.

En ajoutant les frais de transport jusqu'au port français, lesquels frais grèvent les produits anglais, on arrive à peu près à l'égalité.

En somme, les droits de douane ne protègent pas les métaux bruts français vis-à-vis de l'Angleterre, mais ils permettent de soutenir la concurrence en France.

COMMUNICATION

SUR

L'INDUSTRIE DES MINES

DEVANT LE PARLEMENT

PAR M. **COURIOT**.

L'Industrie des mines se trouve menacée aujourd'hui, comme l'était, il y a peu de temps, celle des chemins de fer, par un certain nombre de propositions de loi dont l'adoption par les Chambres jetterait un trouble profond dans nos exploitations minérales.

Les discussions qui se sont produites dans le sein de la Société des Ingénieurs civils ont répandu une vive lumière sur les diverses questions qui y ont été traitées, quand, récemment encore, un débat s'est ouvert sur les solutions auxquelles il convenait de recourir pour assurer l'exploitation et la construction de nos voies ferrées, et cela dans un moment où tout, jusqu'aux conditions mêmes d'existence de la grande industrie des transports, était mis en question.

J'ai pensé que, cette fois encore, notre Société devait faire entendre sa voix dans le débat ouvert à l'occasion des mines et c'est pour cette raison que j'ai voulu vous présenter une analyse des diverses propositions législatives concernant le régime des exploitations minières, ne doutant pas que la discussion qui pourra se reproduire à la suite ne contribue puissamment à éclairer l'opinion publique sur les conséquences qu'entraîneraient dans la pratique des projets qu'alarment, à juste titre, les nombreux intérêts engagés dans les mines.

Les propositions de loi auxquelles je fais allusion sont au nombre de sept; elles ont été présentées dans l'ordre suivant :

Le 21 novembre 1882, par MM. Reynau et Gilliot.

Le 23 novembre 1882, par M. Waldeck-Rousseau et trente-cinq de ses collègues.

Le 28 novembre 1882, par M. Waldeck-Rousseau et trente-cinq de ses collègues.

Le 30 novembre 1882, par M. Émile Brousse, et cinquante-deux de ses collègues.

Le 13 mars 1883, par MM. Marius Chavanne et Girodet.

Le 15 mars 1884, par MM. E. Brousse et Giard.

Le 15 mars 1884, par M. Girodet[1].

Elles s'appliquent à cinq ordres de faits différents, à savoir :

1° Le retrait des concessions de mines et leur retour à l'État.

2° La limitation de la durée du travail dans les mines et sa fixation à huit heures ;

3° Le renvoi des contestations, pouvant naître entre les exploitants et leurs ouvriers, devant des Conseils spéciaux de Prud'hommes ;

4° L'institution de Délégués mineurs, ayant le contrôle et la vérification des travaux de mines ainsi que la constatation des accidents;

5° La création de Caisses de secours et de retraite dans les mines;

État économique de l'industrie minière. — Avant d'étudier séparément chacune de ces questions, il importe de remarquer que le moment paraît bien mal choisi pour venir, soit imposer aux concessionnaires de mines des charges nouvelles et excessives, soit leur créer des difficultés d'exploitation comme celles qui résulteraient de la réduction de la durée du travail, de l'établissement de Conseils de Prud'hommes ou de l'institution de Délégués mineurs, toutes innovations qui se traduiraient inévitablement par une aggravation du prix de revient du charbon.

Et c'est à vous, Messieurs, que cette observation s'adresse, à vous tous, consommateurs de houille à des titres si divers ; ce n'est pas seulement aux exploitants de mines directement menacés par les propositions de loi. Déjà chaque tonne de houille qui sort de la mine est grevée de 0 fr. 50 à 0 fr. 65 rien que par les charges que libéralement les Compagnies houillères s'imposent en faveur du personnel qu'elles occupent. Si on oblige les exploitants à faire de nouveaux sacrifices, ce chiffre sera dépassé, et somme toute, qui le payera ? — L'acheteur, le consommateur de charbon.

La France produit en moyenne, chaque année, vingt millions de

1. Il y aurait lieu de mentionner ici, pour compléter la liste des diverses propositions concernant le régime des mines, celle qui a été présentée le 11 novembre 1882 par MM. F. Faure et Martin Nadaud et qui est relative à l'hygiène et à la sécurité du travail dans les manufactures, usines, *mines*, chantiers et ateliers, et celle qui a été déposée par M. Brossard, le 31 mars 1884, portant réorganisation du Corps des Mines.

tonnes de houille, la redevance de 0 fr. 50 à 0 fr. 65 payée à chaque ouvrier mineur, par tonne de houille extraite, représente donc annuellement 10 à 13 millions de francs sur l'ensemble de la production nationale ; 10 à 13 millions, telle est l'allocation gratuitement et généreusement faite par les exploitants à l'ouvrier des mines et cela en sus de son salaire[1] !

Est-ce au moment où nos houillères luttent si péniblement contre les importations de charbons anglais, allemands et belges, au moment où nos hauts fourneaux s'éteignent, au moment où nos forges sont si vivement et si durement éprouvées par la concurrence étrangère, au moment où les commandes se ralentissent de toutes parts, comme en témoigne la diminution des recettes et des transports de nos voies ferrées, au moment où, en un mot, une crise industrielle et commerciale se fait sentir dans toutes les branches de l'activité humaine, qu'il convient d'imposer aux concessionnaires et exploitants de mines des charges qui auront pour effet d'augmenter le prix de revient du charbon et de rendre la lutte impossible ? Assurément non !

On entend quelquefois citer avec complaisance des mines dont la prospérité a été relativement grande et rapide et on en conclut que l'exploitation des mines est une industrie privilégiée donnant des bénéfices exceptionnels à ses actionnaires. On a le tort de ne pas mettre assez souvent sous les yeux de ceux qui pensent ainsi, en regard des brillants résultats fournis par quelques exploitations que le succès a favorisées, la statistique de l'Industrie minérale, dressée par les soins du Ministère des Travaux publics et présentant le relevé des mines en gain et des mines en perte ; les chiffres que fournit cette statistique font voir combien sont grands et nombreux les déboires de la plupart de ceux qui ont engagé leurs capitaux dans les exploitations minières.

Voici ce qu'ils nous révèlent :

Au 1er janvier 1883 on comptait 637 concessions de mines de combustibles ; sur ce total 308 seulement étaient en activité, les 329 autres étaient inexploitées ou abandonnées ; enfin, sur les 308 mines en activité, 191 seulement étaient en gain et 117 en perte ; de telle

1. Comme exemples on peut citer : la Compagnie d'Anzin qui en 1882, a consacré une somme de 1,388,052 fr. 51 à l'amélioration du sort de ses ouvriers ; son extraction a été dans ladite année de 2,241,992 tonnes ; le quotient des deux chiffres précédents est de 0 fr. 62 ; et la Société des mines de Liévin qui a dépensé, en 1882, dans les mêmes conditions 281,364 fr. 31, pour une production de 432,600 tonnes ; les charges que s'est imposées cette dernière Société, en faveur de ses ouvriers, représentent donc 0 fr. 65 par tonne extraite.

sorte que 191 concessions sur 637, ou 30 pour 100 seulement des houillères, donnent des bénéfices.

Si on étend la statistique aux concessions de toute nature, au nombre de 1,319, comprenant à la fois les combustibles minéraux et les mines métalliques ou autres, on trouve que 263 concessions seulement, soit 20 pour 100, pas même un quart, donnent des bénéfices; et encore, combien en est-il dans ce quart dont les profits sont insignifiants et que ruineraient de nouveaux sacrifices ?

A titre d'exemple de la faible rémunération des capitaux engagés dans les mines et, sans insister davantage sur les insuccès coûteux ou sur les exploitations infructueuses dont il vient d'être question, je rappellerai que, d'après l'évaluation faite par M. Vuillemin, Directeur général des mines d'Aniche, les concessions de mines, actuellement en exploitation, ont exigé, pour être mises en valeur, une dépense totale de 800 millions; or, les bénéfices des houillères françaises ont été, pour l'ensemble, de 32,094,933 francs en 1881 [1]; ils représentent 4 pour 100 du capital engagé; c'est un bien faible revenu pour une valeur industrielle, c'est une rémunération d'autant plus modeste que l'appauvrissement du gîte minéral correspond à une diminution du fonds social qui rend nécessaire l'amortissement du capital par un prélèvement sur les bénéfices.

En 1882, le bénéfice par tonne a été de 2 fr. 30, si on le rapproche du chiffre de 0 fr. 65 alloué à chaque ouvrier à titre gracieux par certaines Compagnies sur chaque tonne extraite, on voit que la part gratuite faite au travail et indépendante du salaire est de 25 à 30 pour 100 des bénéfices réalisés par le capital. Cette proportion est considérable, aussi peut-on dire que les exploitants de mines achètent chèrement leurs droits de propriété, et c'est à tort que l'on considère les concessions comme un don gratuit, elles constituent au contraire un acte à titre onéreux puisqu'elles entraînent tout d'abord de grandes dépenses pour la mise en valeur, puis ensuite de grands sacrifices dans l'exploitation.

Il convient d'ajouter enfin, que les mines sont assez nombreuses pour qu'on ne puisse pas dire que leur exploitation constitue un monopole; les Sociétés houillères ne le savent que trop, quand, appelées à renouveler leurs marchés, elles se trouvent en présence de concurrents français ou étrangers qui leur disputent très vivement leur clientèle.

1. En 1882, le bénéfice des houillères a été un peu plus fort, il s'est élevé à 37,719,000 fr.

Le Ministre des Travaux publics a produit récemment à la tribune de la Chambre des Députés, à l'occasion de la discussion relative à la la grève d'Anzin, quelques chiffres statistiques intéressants, faisant bien ressortir les conditions dans lesquelles s'effectue l'exploitation des mines, tant en France que dans les pays voisins, et les véritables causes auxquelles on doit attribuer la concurrence étrangère ; ces chiffres sont résumés dans le tableau ci-dessous :

ANNÉE	NATIONS	PRODUCTION HOUILLÈRE ANNUELLE par tête d'ouvrier		PRIX MOYEN de vente
		du fond	indistinctement	
		tonnes	tonnes	fr.
1882	France.........	265	190	12,36
	Angleterre.....	428	345	10,56
	Belgique.......	221	167	9,70
	Prusse.........	346	274	6,08

On voit, en examinant le tableau qui précède, que l'ouvrier français produit notablement moins que le mineur anglais ou que le mineur allemand ; la production nominale est, par ouvrier du fond, en France, de 265 tonnes, alors qu'elle est en Angleterre de 428 tonnes et en Prusse de 346 tonnes. Cette infériorité est imputable aux conditions différentes dans lesquelles s'effectue l'exploitation ; elle est due, tout à la fois, à la moindre richesse de nos gisements minéraux, aux difficultés d'extraction que ceux-ci présentent et souvent encore à la trop faible puissance des couches que nous exploitons.

On doit, en outre, attribuer la forte production nominale de l'ouvrier anglais à une autre cause accessoire, à la législation spéciale de ce pays où, comme chacun le sait, l'exploitant n'est généralement que le locataire de la mine et, à ce titre, cherche uniquement à tirer parti des abondantes richesses mises à sa disposition, seulement pour un temps donné, sans se préoccuper d'assurer l'avenir de la mine, soit au moyen de coûteux travaux préparatoires, soit par l'adoption de méthodes d'exploitations, rationnelles mais dispendieuses, dont celui qui a propriété perpétuelle de la mine peut seul s'imposer le sacrifice.

L'impureté du charbon augmente les manipulations de l'extérieur et on ne peut suppléer que par des installations mécaniques perfec-

tionnées, au triage et au lavage des houilles extraites ; en France, la grande proportion de charbon que nous devons livrer aux ateliers de lavage fait tomber à 190 tonnes la production annuelle par tête d'ouvrier, tant de l'intérieur que de l'extérieur, alors que la production individuelle est de 274 tonnes en Prusse, et de 345 tonnes en Angleterre.

La moindre production de l'ouvrier français, par rapport au mineur des pays limitrophes du nôtre, est une cause sérieuse d'infériorité pour nos houillères, mais elle n'est pas la seule : le salaire est plus élevé en France que chez nos voisins.

Le salaire moyen du mineur français, y compris les femmes et les enfants, a été, en 1882, de 3 fr. 72 ; alors que le salaire du mineur était en Belgique de 3 fr. 077 et qu'en Silésie il variait de 2 fr. 69 pour les piqueurs et 1 fr. 78 pour les rouleurs, à 1 fr. 74 pour les autres ouvriers. Dans certaines régions de la France, le salaire moyen est même notablement supérieur au chiffre de 3 fr. 72 indiqué par le Ministre des Travaux publics, c'est ainsi que dans le bassin de la Loire il est d'environ 4 fr. 29.

On comprend que, dans ces conditions, les frais de production soient plus élevés en France qu'à l'étranger et on s'explique que le prix moyen de vente puisse être sur le carreau de nos mines de 12 fr. 36 alors qu'il est en Angleterre de 10 fr. 56, en Belgique de 9 fr. 70, et tombe en Prusse à 6 fr. 08; c'est-à-dire qu'il est en Allemagne sensiblement moitié du nôtre.

Ajoutons, enfin, que nos houillères françaises sont grevées de charges très lourdes dues, soit, comme il a été dit précédemment, au fonctionnement des nombreuses Institutions de prévoyance dont elles ont doté leurs exploitations, soit aux impôts spéciaux qui pèsent sur elles, soit encore, pour quelques-unes, aux redevances qu'elles doivent payer aux propriétaires de la surface ou aux taxes locales qu'elles ont à supporter. Quand on totalise toutes ces charges qui, réunies, représentent au moins 15 à 20 pour 100 de la valeur du charbon extrait, on comprend alors au prix de quels efforts les houillères françaises luttent contre la concurrence étrangère.

Retrait ou rachat des Concessions des Mines. — Il me paraît que c'est ici le moment de faire justice de deux propositions de loi sur lesquelles je ne reviendrai plus, celles qui ont été présentées à la Chambre des Députés, il y a à peine huit jours, par

MM. E. Brousse et Girodet. La première a en vue l'abrogation de toutes les lois concernant la concession et l'exploitation des mines et le retrait, au profit de la nation, des concessions déjà accordées, moyennant une indemnité calculée sur une base arbitraire. La seconde proposition, conçue à peu près dans le même esprit, demande le rachat de la propriété des mines par l'État, à un prix que déterminerait un jury d'expropriation.

Les questions relatives au rachat des concessions accordées par l'État ont été traitées dans cette enceinte avec trop d'ampleur, quand il s'est agi du régime de nos voies ferrées, pour que j'aie besoin de m'étendre longuement ici sur les conséquences du retour des mines à l'État. Je rappellerai seulement que la loi du 21 avril 1810 et celle du 27 avril 1838 ont prévu les conditions dans lesquelles la dépossession du concessionnaire de mines peut être prononcée.

L'article 7 de la loi de 1810 nous dit, en effet, que l'acte de concession « donne la propriété perpétuelle de la mine... dont on ne peut « être *exproprié* que dans les cas et selon les formes prévues pour les « autres propriétés, conformément au Code civil et au Code de procé- « dure civile. »

En présence de ces termes formels, on se demande comment MM. Brousse et Giard ont pu penser que la dépossession du concessionnaire pourrait être obtenue moyennant le payement « d'une indem- « nité calculée d'après les dépenses faites et les bénéfices réalisés. »

Ce qu'ils demandent équivaut au retrait par l'État des concessions moyennant une indemnité arbitraire. Ce n'est plus l'expropriation légale, c'est une sorte de confiscation.

Les articles 6, 9 et 10 de la loi du 27 avril 1838 indiquent les circonstances dans lesquelles les concessions de mines pourront être retirées et spécifient que celles-ci seront, dans les cas déterminés, mises en adjudication, par voie administrative, au profit du concessionnaire ou de ses ayants droit. Or, rien dans les circonstances actuelles ne permet d'appliquer aux exploitants de mines les termes des articles précités; d'alleurs comme l'a déclaré le Ministre des Travaux publics tout récemment à la Chambre « la jurisprudence n'a admis le « retrait que lorsqu'il y a abandon absolu, complet de l'exploitation, « lorsque l'enquête a prouvé que l'*intention bien manifeste* du conces- « sionnaire est de ne pas remplir ses engagements. » Cette déclaration n'équivaut-elle pas à dire que la déchéance, qui en fait n'a été

prononcée que six fois depuis 1838, ne peut être proclamée en réalité que pour cessation *volontaire* du travail ou autrement dit, quand le concessionnaire renonce librement à ses droits d'exploitation? Il résulte donc bien des paroles du Ministre des Travaux publics que l'accord, le consentement du concessionnaire sont nécessaires pour procéder au retrait de la concession, et que les pouvoirs publics n'ont pas qualité pour le prononcer, en dehors des cas exceptionnels prévus par la loi de 1838.

En admettant que les Chambres passent outre et que les concessionnaires consentent à faire supporter à l'État les charges financières qui résulteraient de l'expropriation des concessionnaires des mines, on ne voit guère les avantages qui en résulteraient pour le pays. Rien ne s'oppose, en effet, à ce que les exploitants ne se portent eux-mêmes adjudicataires des concessions dont la déchéance serait prononcée, ou qu'à leur défaut tel ou tel autre groupe financier ne s'en rende acquéreur; dans l'un comme dans l'autre cas, le régime de la propriété minière ne se trouverait nullement modifié par le nouvel état de choses, car, au point de vue économique, que l'exploitant porte tel ou tel nom, il représente toujours l'industrie privée.

Mais il y a lieu de penser que la proposition Girodet prévoit un autre mode d'exploitation cher à quelques-uns de ses collègues, l'exploitation par l'État, qualifiée récemment par un représentant des mineurs « d'exploitation au profit des travailleurs. »

Croit-on que l'État réussira à exploiter plus économiquement que l'industrie privée et qu'à ce titre il fera à l'ouvrier des mines un sort meilleur? Pense-t-on, en un mot, que le mineur et le consommateur gagneront au changement proposé?

Hélas! il n'en est rien, et ce que l'on sait de l'exploitation ruineuse de l'État, quelle que soit l'industrie à laquelle elle s'applique, n'est pas de nature à faire naître la pensée de confier à des fonctionnaires, qu'aucun intérêt ne stimule, une des branches les plus importantes de notre activité industrielle.

On ne voit pas, d'ailleurs, comment l'État, exploitant plus chèrement que l'industrie privée, pourrait soutenir la concurrence étrangère; il n'arriverait à lutter qu'en cherchant à abaisser son prix de revient, forcément plus élevé que celui des concessionnaires de mines; or on ne doit pas oublier que les salaires représentent au moins 50 à 60 pour 100 des frais de production et que l'État serait conduit, par

suite, à les réduire dans une proportion notable pour arriver à produire la houille au prix où la vendent sur notre territoire les charbonnages étrangers. Que deviendrait alors le rêve des partisans de l'exploitation des mines par l'État, et quels avantages trouveraient les mineurs à ce nouveau régime?

Il est vrai de dire que l'État pourrait ne pas toucher aux salaires, à la condition de demander l'application de tarifs prohibitifs à l'entrée des houilles en France, protection qui seule, avec un prix de revient élevé, lui permettrait de lutter efficacement; mais dans cette seconde hypothèse, la protection ayant pour conséquence l'élévation du prix de vente, ce serait le consommateur de charbon, c'est-à-dire l'industrie nationale tout entière, tributaire de la houille, qui payerait en définitive la coûteuse exploitation de l'État.

Faut-il rappeler qu'un gouvernement qui entre dans la voie du rachat ne saurait rester en route? Quand il était question du rachat des chemins de fer on disait déjà : après les chemins de fer, les mines; aujourd'hui on peut ajouter : après les voies ferrées et les houillères, il faudra racheter les établissements métallurgiques qui fabriquent le fer nécessaire aux chemins de fer et qui ne peuvent se passer de charbon; après les hauts fourneaux les forges, les fonderies et les aciéries, l'État devra exproprier les boulangeries et les boucheries en vue de nourrir les travailleurs, il lui faudra acquérir et exploiter les grands magasins de nouveautés et de confection, pour être en mesure d'habiller l'ouvrier, etc., etc.; en un mot, on arrive à l'expropriation universelle qui conduit fatalement au socialisme d'État, cette forme de gouvernement qui tue toute initiative individuelle et qui fait d'une nation un peuple d'esclaves administrés par des fonctionnaires!

Les pouvoirs publics doivent donc respecter une industrie qui vit péniblement, en France, ils ne doivent pas oublier que 10 millions de tonnes de houille sont tirés annuellement de l'étranger, que le charbon donne la vie à toutes les industries, ce qui l'a fait appeler avec tant de raison le *pain de l'industrie*, que porter atteinte aux droits des concessionnaires de mines, ce serait les amoindrir et se mettre à la merci de l'étranger en cas de guerre, car la France manquerait alors du combustible nécessaire pour réparer ses forces militaires et reconstituer son matériel de combat, si comme en 1870-1871 la fortune des armes lui était contraire. Il faut savoir envisager toutes les éventualités, si pénible qu'il soit pour nous de les regarder en face, il

faut surtout être en mesure de lutter avec un ennemi qui a transporté la guerre, aujourd'hui, sur le terrain commercial et industriel et qui est aidé par des salaires inférieurs de près de moitié à ceux que reçoivent nos ouvriers français.

Limitation de la durée du travail dans les mines. — L'article 1er de la proposition de loi de MM. Reynau et Gilliot est ainsi conçu : « Le travail dans les mines ne pourra excéder huit heures « par jour. »

Pourquoi vouloir fixer un maximum à la durée du travail dans les mines? Pourquoi refuser à cette industrie le droit, qu'ont toutes les autres, selon l'abondance des commandes et l'urgence du travail, de demander à l'ouvrier un effort supplémentaire à un moment donné? Un grand nombre d'ouvriers travaillent à la tâche, laissez-leur donc la liberté, à eux aussi, de se faire de bonnes journées. D'ailleurs le travail des mines a une durée variable selon les conditions dans lesquelles il s'effectue. Depuis trente ans cette durée est de six heures seulement dans le Nord, en terrains aquifères, elle est de huit heures dans les travaux qui doivent être poussés activement (travaux au rocher, galeries d'aérage, etc.), mais, dans les chantiers ordinaires, on laisse, à l'ouvrier qui le demande, la faculté de travailler plus longtemps, ce qui permet au mineur, qui a charge de famille, de rapporter chez lui un plus fort salaire. L'uniformité dans la durée du travail est d'ailleurs impossible, car il faut à l'ouvrier depuis un quart d'heure jusqu'à une heure quelquefois pour se rendre de l'orifice de la mine à son poste de travail.

L'État doit donc laisser débattre librement les conditions du travail et des salaires entre les exploitants et leurs ouvriers; le travail est une marchandise comme une autre, les pouvoirs publics ne peuvent ni en fixer le prix, ni en spécifier la durée; la rémunération du travail, c'est-à-dire le salaire, doit être soumise à la loi générale qui règle tous les échanges : celle de l'offre et de la demande.

En fait, on peut dire que, dans la plus grande partie des mines françaises, le travail à la journée a une durée de neuf heures, y compris le temps de la descente et de la remonte, ce qui réduit à huit heures environ le travail effectif. Quant aux conditions du travail à la tâche, elles doivent se traiter librement de part et d'autre, et il faut demander sur ce point la liberté pour les exploitants comme pour leurs ouvriers.

La Révolution française, en abolissant les corporations, a affranchi la classe ouvrière, vouloir aujourd'hui restreindre la liberté du travail par une limitation de sa durée, ce serait porter atteinte à cette émancipation proclamée en 1789, ce serait, en un mot, faire un pas d'un siècle en arrière. Les Chambres ne le voudront pas.

Établissement de Conseils de Prud'hommes dans les mines. — J'ai peu de chose à dire de la proposition de loi relative à la création de tribunaux spéciaux de Prud'hommes mineurs. La Chambre des Députés a adopté récemment et presque sans modification, la proposition que lui avaient présentée MM. Waldeck-Rousseau, Hervé Mangon, Alf. Girard, etc.; cette proposition de loi est actuellement soumise à l'examen du Sénat.

Je rappellerai seulement ici quelques arguments qu'ont fait valoir, à l'encontre de cette proposition, les exploitants et concessionnaires de mines diverses de la Loire, du Nord, du Pas-de-Calais, etc., représentant, par leur extraction annuelle, les 90 centièmes de l'industrie minière de la France, c'est-à-dire la presque totalité de la production française.

Les Conseils de Prud'hommes sont des institutions toutes commerciales; aux termes de la loi du 1er juin 1853, leurs membres sont des patrons *patentés* et des chefs d'ateliers, contremaîtres ou ouvriers attachés aux industries que représentent les patentés; les appels des jugements rendus par les Prud'hommes sont portés devant les tribunaux de commerce. On est bien, on le voit, en présence d'une institution créée pour répondre à des besoins commerciaux, pourquoi vouloir la porter sur le terrain purement civil des mines dont l'exploitation, dit l'article 32 de la loi du 21 avril 1810, « n'est pas considérée « comme un commerce et n'est point sujette à patente? » Les exploitants de mines ne peuvent donc être soumis, pas plus que le propriétaire qui gère son immeuble, ou l'agriculteur qui cultive son champ, à une juridiction instituée pour connaître des litiges résultant d'actes de commerce.

Dans l'état actuel des choses, c'est devant le juge de paix, ce magistrat de la conciliation, que sont portés les différends. Ajoutons que les litiges sont très rares, comme l'ont établi les représentants des mines. Dans le bassin du Nord et du Pas-de-Calais, qui occupe 50,000 ouvriers, il n'y a eu que quelques rares procès en dix ans; Anzin notamment, qui emploie 16,000 ouvriers, n'a eu que 5 procès en 5 ans;

dans la Loire, dont la population minière est de 18,000 ouvriers, il n'y a eu aucun procès porté devant la justice de paix depuis trois ans; à Blanzy (5,000 ouvriers) : aucune contestation depuis dix ans; à Brassac : trois affaires en dix ans, etc.

Les procès sont donc rares; en outre, ils sont généralement fort simples, ils portent sur les amendes réglementaires, sur les demandes en réduction de tâche, etc., toutes questions qui rentrent dans l'ordre des difficultés que les juges de paix ont à apprécier chaque jour, et on ne peut sur ce point invoquer leur incompétence.

L'article 3 de la proposition de loi range dans la catégorie des Prud'hommes patrons : les concessionnaires ou exploitants, directeurs, membres des conseils d'administration, ingénieurs des travaux, chefs de services, chefs-mineurs, chefs d'ateliers et surveillants.

Peut-on considérer comme des patrons véritables tous les agents dont il vient d'être question et qu'on n'a mis dans la catégorie des patrons que pour en grossir le nombre, en réalité très restreint? C'est inadmissible. Pour être patron il faut être chef d'une industrie et avoir un intérêt dans les résultats de l'exploitation de cette industrie; or, ce n'est pas le cas de la plupart des agents ci-dessus désignés dont quelques-uns, comme les gouverneurs ou porions, devraient figurer dans la catégorie des ouvriers.

Et cependant l'exposé des motifs de la proposition de loi nous fait savoir que ses auteurs se sont « inspirés de l'esprit de la loi qui a été « d'associer les représentants de ces deux intérêts : le travail et le capi- « tal, à la formation et au fonctionnement du tribunal commun. »

En dehors des concessionnaires, des directeurs et des membres des conseils d'administration, je cherche vainement dans la catégorie des patrons des représentants du capital, je ne trouve que des représentants du travail comme du côté des ouvriers.

L'institution des Conseils de Prud'hommes, telle qu'elle est définie par la proposition ne répond donc nullement à l'esprit de la loi, puisque le projet, au lieu de mettre en présence des patrons et des ouvriers, compose le tribunal de deux sortes de salariés.

D'un autre côté, comme l'a fort bien fait remarquer M. Léon Renault à la Chambre des Députés, la proposition de loi fait électeurs tous les ouvriers, attachés à l'industrie depuis un an seulement, au lieu de cinq ans, stage exigé pour être électeur des Conseils de Prud'hommes ordinaires; il en résulte que le corps électoral ouvrier n'aura, ni en

haut, les garanties que donnerait la présence à sa tête des chefs mineurs, compris par le projet dans la catégorie des patrons, ni à sa base, les garanties qu'auraient fournies un exercice de travail et une résidence prolongés.

Les Prud'hommes mineurs ne présenteront pas davantage les garanties d'impartialité que l'on rencontre dans les Conseils de Prud'hommes ordinaires qui sont composés de sections différentes et comprennent des représentants d'industries très diverses, venant juger avec indépendance les contestations nées dans d'autres métiers que le leur.

En ce qui concerne les Prud'hommes ouvriers, dans quel esprit jugeront-ils si, à la suite de difficultés, ils se trouvent obligés de quitter la mine? Dans ce cas continueront-ils à siéger?

Quant aux élections, elles paraissent devoir donner de curieux résultats. Les électeurs patrons se nommeront eux-mêmes, car ils n'auront pas le choix, et les ouvriers, en revanche, vu leur nombre, n'auront que l'embarras contraire; mais les grandes Sociétés, occupant plus d'ouvriers que les autres, accapareront tous les sièges et feront les nominations à leur profit. Comme ce sont également elles, pour les mêmes raisons, qui pourront avoir les plus nombreuses contestations, les magistrats seront à la fois juges et parties dans les questions qu'ils auront à résoudre.

Je parlerai en dernier lieu de l'article 5 de la proposition de loi qui prévoit le cas de grève des électeurs ou de grève des juges; le cas où on ne trouvera pas d'électeurs pour nommer des juges ou pas de juges pour siéger; dans ces conditions les Prud'hommes élus et acceptant le mandat siégeront et jugeront seuls valablement au nombre de trois, à quelque catégorie qu'ils appartiennent.

De cette façon trois prud'hommes quelconques suffiront pour constituer un tribunal arbitral. Cette disposition peut conduire dans la pratique aux conséquences les plus fâcheuses; elle altère et vicie le principe qui a présidé à la création des Conseils de Prud'hommes et qui veut que ces tribunaux aient un caractère mixte, c'est-à-dire soient composés d'éléments se faisant parfaitement équilibre.

Dans ces conditions on peut dire que les Conseils de Prud'hommes, tels qu'ils sortiront de la loi projetée, loin d'aplanir les difficultés, bien rares dans le présent, qui peuvent surgir entre les exploitants et leurs ouvriers, viendront au contraire envenimer les conflits, aigrir les rap-

ports existants entre le capital et le travail et on se demande pourquoi on veut substituer une organisation défectueuse à celle qui a donné la paix jusqu'à ce jour, sans jamais faire naître de réclamations.

Il convient d'ajouter que les Conseils de Prud'hommes ne sont plus en harmonie avec les besoins actuels ; dans ces temps derniers, plusieurs chambres syndicales en ont demandé la suppression, et on voit chaque jour les ouvriers témoigner leur indifférence pour cette institution en désertant les urnes aux jours d'élections.

Délégués mineurs. — La création de Délégués mineurs a été demandée à la Chambre des Députés dans deux propositions de loi, celle de MM. Reyneau et Gilliot et celle de MM. Waldeck-Rousseau, Hervé Mangon, Alf. Girard, etc.

L'examen de ces deux propositions a été renvoyé par la Chambre des Députés devant la Commission de 22 membres qui est saisie de toutes les questions relatives aux ouviers mineurs ; cette Commission a conclu à l'adoption d'une proposition de loi qui diffère fort peu de celle qu'avaient présentée M. Waldeck-Rousseau et ses collègues.

Aux termes de l'article 1er de cette proposition, les ouvriers du fond, attachés depuis un an moins à l'exploitation, élisent, par puits ou mine, un Délégué et un Délégué suppléant. L'article 6 définit les attributions du Délégué de la manière suivante : « Les Délégués procéderont, *concur-* « *remment avec les agents de l'Etat* : 1° au contrôle et à la vérification « des travaux intérieurs des mines, qui doivent avoir lieu une fois au « moins par mois, 2° à la constatation des accidents... »

« Les Délégués sont nommés pour trois ans. »

Pourquoi veut-on créer des Délégués? Le corps des mines ne suffit-il plus pour exercer la *surveillance de police* des mines que lui confient les articles 47 et suivants de la loi de 1810? Les Ingénieurs des mines n'ont-ils pas, en vertu de l'article 30 du décret du 18 novembre 1810, portant organisation du Corps, à proposer « les moyens de prévenir « les accidents ou d'y remédier, si l'exploitation est conduite de manière « à compromettre la *sûreté publique, la conservation des travaux inté-* « *rieurs, la sûreté des ouvriers*, etc.? » De quel secours sera le Délégué ouvrier pour l'Ingénieur de l'État quand il procédera, concurremment avec, lui au contrôle et à la vérification des travaux?

N'a-t-on pas à craindre que ce Délégué, qui n'aura d'autre titre que d'être sorti du suffrage universel de ses camarades, ne soit absolument

incompétent en matière de mines et que son ignorance ne soit une cause de conflits pouvant survenir à tout propos entre lui et le représentant de l'État? Il est vrai que la proposition de loi a prévu le cas et qu'en pareille circonstance, le différend pourra être porté devant le Ministre; c'est-à-dire que le Délégué ouvrier se trouvera sur un véritable pied d'égalité vis-à-vis du représentant de l'Administration des mines et cela quoique ce dernier lui soit bien supérieur par ses connaissances et par sa situation sociale. J'ajouterai que vouloir ainsi faire exercer le contrôle des mines en partie double, sous le prétexte de fortifier le Corps des mines, c'est véritablement mettre ce dernier dans une sorte de suspicion bien blessante pour lui.

J'ai déjà fait remarquer qu'en matière de travaux de mines, le Délégué n'aura pas la compétence voulue; je dirai, en outre, qu'il est loin de présenter les garanties d'indépendance et d'impartialité que l'on rencontre chez l'Ingénieur ou chez le garde-mine et, qu'à ce point de vue son intervention serait non moins regrettable.

Mais pourquoi demande-t-on le contrôle du travail par les représentants des ouvriers, dans les mines plutôt que dans tout autre industrie? Y aurait-il, dans les exploitations minérales, plus d'accidents que partout ailleurs, pour que l'on propose de leur appliquer une mesure qui n'a jamais été réclamée ailleurs? Non; et voici à cet égard ce que nous révèle la statistique : L'exploitation des chemins de fer a donné en 1879, pour son personnel seulement, 1 tué sur 364 et 1 blessé sur 47; la mortalité dans les mines a été, d'après M. Vuillemin, en dix ans, de 1 tué sur 449 ouvriers, tandis que le nombre des blessés était dans le même temps de 1 sur 72 mineurs.

On voit que la mortalité est plus grande dans les chemins de fer que dans les mines, et cependant on n'a jamais pensé à établir un contrôle des services d'exploitation des chemins de fer par les aiguilleurs ou par les ouvreurs de portières que désignerait le choix de leurs collègues. Enfin la mortalité, due aux accidents, est infiniment plus grande dans la marine marchande que dans les exploitations minérales où elle s'élèverait, d'après M. Vuillemin, à 1 tué sur 109. Bien d'autres industries, pour n'en citer que deux, celle des couvreurs et celle des charpentiers, sont au moins aussi dangereuses pour les ouvriers que ne l'est le travail du mineur, et ce qui attire l'attention sur les accidents de mines, c'est la simultanéité de ces accidents frappant à la fois un grand nombre de victimes; fort heureu-

sement, toutefois ces catastrophes sont rares et, en fin de compte, la mortalité, résultant des accidents de mines, n'est pas plus élevée que celle des autres professions.

M. Neison a présenté, en 1878, à l'Institut des actuaires de Londres, un tableau de la mortalité pour quelques industries et a établi que la mortalité dans les mines était exactement égale à celle de l'ensemble de la population de Londres.

Voici ses chiffres :

MORTALITÉ DANS QUELQUES PROFESSIONS.

	Décès pour 1000 vivants.
Cultivateurs	1,2
Cordonniers et tisserands	1,5
Épiciers	1,6
Serruriers et charpentiers	1,7
Mineurs	2,0
Boulangers	2,1
Bouchers	2,3
Débitants de spiritueux	2,8

On doit encore à M. Neison une statistique intéressante de la mortalité dans les mines, mortalité variable avec la nature du minerai extrait; les calculs, qui ont servi à l'établir, sont basés sur les décès qui se sont produits dans diverses Sociétés de secours mutuels de la Grande-Bretagne, représentant ensemble, par l'âge de leurs sociétaires, 1 million 147,243 années de vie.

VARIATIONS DE LA MORTALITÉ DANS LES MINES SELON LA NATURE DE L'EXPLOITATION.

NATURE DU MINERAI EXTRAIT	Mortalité moyenne des mineurs de l'âge de 25 à 65 ans pour 1000 vivants.
Fer	1,80
Houille	1,82
Étain	1,99
Plomb	2,50
Cuivre	3,17

Cette statistique fait ressortir l'influence toxique des poussières minérales sur la mortalité.

J'ajouterai que, dans un récent travail, M. Vuillemin a établi qu'on compte moins d'accidents mortels dans les houillères françaises que dans les autres exploitations continentales. Il résulte de ses chiffres, basés sur une statistique de dix années, que sur mille ouvriers, employés dans les mines, le nombre des morts par accident serait dans les pays suivants :

	Ouvriers tués sur 1000.
Saxe	3.39
Prusse	2.90
Hainaut (Belgique)	2.38
Angleterre	2.18 [1]
Autriche	2.11
France	2.09

On voit donc que les accidents mortels sont moins nombreux dans les mines de France que partout ailleurs et on ne s'explique pas pourquoi on veut appliquer à celles-ci une législation particulière. On a invoqué, il est vrai, l'exemple de l'Angleterre où la loi du 10 août 1872 autorise des Délégués des ouvriers à visiter les mines auxquelles ils sont attachés. Dans la Grande-Bretagne les visites qu'autorise la loi sont facultatives et nullement obligatoires, comme le sont celles qu'on veut établir dans les mines françaises, cette disposition a l'avantage de respecter la liberté des ouvriers ; en outre, ceux-ci ont compris que leur contrôle leur donnerait une part de responsabilité dans les accidents, ils n'ont pas voulu se l'assumer, et, en fait, les visites des Délégués anglais n'ont lieu que très exceptionnellement et dans quelques mines seulement; il y a plus, dans une récente enquête, les ouvriers se sont même prononcés contre les inspections, et, dans la pratique, quand les Délégués y procèdent ils se bornent à la surveillance des retours d'air et à celle des appareils d'aérage.

On voit, par ce qui précède, que la loi anglaise n'est nullement comparable à celle qu'on propose d'établir dans les exploitations françaises; il y a également lieu de faire observer que les mines de la

1. La légère différence, que présentent, pour la Grande-Bretagne, les chiffres fournis par M. Vuillemin et par M. Neison, provient de ce que le premier a pris pour base une statistique décennale alors que le second a établi ses calculs sur les résultats d'une année déterminée, l'année 1878.

Grande-Bretagne sont dirigées par de véritables contremaîtres désignés sous le nom de *Captains* et que ceux-ci, par leur condition sociale et par leurs connaissances, se rapprochent beaucoup des Délégués ouvriers dont le contrôle n'a, par suite, rien de blessant pour eux; tandis qu'en France la direction des travaux de mines est généralement confiée à des Ingénieurs distingués, ayant reçu une instruction professionnelle très étendue et très complète, pouvant bien accepter la surveillance des Ingénieurs et des représentants de l'État, mais ne pouvant nullement accepter d'être mis sur un pied d'égalité vis-à-vis du Délégué mineur.

M. Guary, Directeur général des mines d'Anzin, estime d'autre part que 995 accidents de mines sur 1000 sont fortuits et qu'une visite, non seulement du Délégué mais même de l'Ingénieur des mines, un jour, serait-ce une heure avant l'accident, ne pourrait permettre de prévoir ce dernier, et il a fait remarquer à la Commission parlementaire que, dans ces conditions, les Délégués mineurs ne pourront, en aucune façon, par leurs visites mensuelles, prévenir les accidents.

On peut se demander qui devra supporter les frais des inspections faites par les Délégués mineurs. La proposition de loi les met à la charge des exploitants, en disant que les journées de visite seront payées comme journées du travail. M. le Ministre des Travaux publics, appelé à donner son opinion sur cette question à la Commission parlementaire, a reconnu que la dépense, dont il s'agit, ne pouvait être imputée aux concessionnaires, que, d'autre part, les ouvriers ne se souciaient pas de la supporter et, qu'en tout cas, elle ne pouvait trouver place au budget; de telle sorte que si les frais des visites ne doivent incomber, ni à l'État, ni aux ouvriers, ni aux concessionnaires, on ne voit guère qui acceptera d'en prendre la charge.

La mission des Délégués, aux termes de la proposition de loi, ne se borne pas seulement à la vérification et au contrôle des travaux de mines, elle a encore pour objet la constatation des accidents. A ce dernier point de vue, on peut encore craindre que leur intervention ne soit plus nuisible qu'utile aux victimes des accidents de mines En effet, sauf des cas exceptionnels, le Délégué ne sera pas témoin de l'accident, et il ne pourra, par suite, en aucune manière, servir à éclairer l'instruction; d'un autre côté, n'a-t-on pas à redouter de voir le Délégué, qui sera aussi incompétent dans les choses judiciaires

qu'en matières de mines, compromettre, par un zèle maladroit, les intérêts qui lui auront été confiés? C'est à craindre.

La double enquête, actuellement ouverte à la suite de chaque accident de mines par les soins de l'Administration et par l'intermédiaire des Commissaires de police et du Parquet, donne aux victimes toutes les garanties désirables; enfin, si les victimes ou leurs parents se croient lésés dans leurs droits, le recours à la justice civile leur est encore ouvert, l'assistance judiciaire ne leur est presque jamais refusée, et une nouvelle instruction vient alors achever de faire la lumière sur toutes les circonstances de l'accident.

On ne voit donc pas ce que les victimes des accidents de mines pourraient gagner à une intervention des Délégués et il y a lieu de redouter que cette intervention ne leur soit plus nuisible que favorable.

Enfin il est à craindre que l'institution de Délégués dans les mines n'y provoque, dans la pratique, les troubles les plus graves. Le Délégué sera forcément regardé par les mineurs comme étant quelque chose de plus qu'eux; il sera consulté sur l'utilité et la valeur de tel ou tel travail commandé par le Directeur de la mine; son opinion sera pressentie dans tous les cas pouvant donner lieu à contestation, et on peut être certain que quand, dans la conversation et sans y attacher autrement d'importance, le Délégué aura dit à un de ses camarades que tel travail était sujet à critique, l'ouvrier auquel aura été exprimée cette manière de voir, se refusera à l'exécution du travail un instant contesté.

Le Délégué acquerra inévitablement un ascendant considérable sur les ouvriers, il sera leur porte-parole en toutes circonstances; on le chargera de se faire l'écho, auprès des exploitants, des réclamations ou revendications des mineurs; ses démarches seront appuyées de menaces de suspension du travail, comme cela s'est produit en 1848, époque à laquelle une institution tout analogue, celle des *Présidents de Puits* s'était implantée dans le bassin de Saint-Étienne pour disparaître après quatre mois de désordre et de troubles incessants.

Disons donc que l'intervention de Délégués ouvriers dans les mines sera une occasion de conflits permanents et, dans certains cas, une source de dangers pour les ouvriers. Qui ne sait, en effet, combien doit être grande la discipline au sein des mines? Qui ne sait qu'une mesure énergique, rapidement conçue, habilement et promptement exécutée, peut conjurer les plus grands malheurs? Et qu'arrivera-t-il

si le Délégué irresponsable, car il ne relève de personne, vient y mettre obstacle ? Une catastrophe pourra se produire et elle sera due à celui-là même qui avait été institué pour la prévenir et la conjurer !

Oui, il faut le reconnaître, la création de Délégués chargés, soit de vérifier et de contrôler les travaux de mines, soit de procéder aux enquêtes en cas d'accidents, ne peut être qu'un ferment de discorde, qu'une source de conflits les plus graves, et on doit espérer que la Chambre des Députés, éclairée sur les conséquences de l'institution, aussi dangereuse qu'inutile, qu'on lui demande d'établir, repoussera une proposition de loi qui introduirait dans les mines le désordre en permanence[1].

Caisses de secours et de retraites. — Quatre des propositions de loi, dont est saisie la Chambre des Députés sont relatives à l'organisation des Caisses de secours et de retraite dans les mines. Voici l'analyse succincte de ces propositions :

MM. Reyneau et Gilliot veulent, dans leur projet de loi, imposer aux concessionnaires l'obligation de créer à la fois des Caisses de retraite et des Caisses de secours et d'assurances à la Caisse nationale d'assurances contre les accidents. Ces Caisses seraient alimentées par des versements obligatoires des Compagnies, égaux aux retenues faites sur les salaires des ouvriers ; celles-ci seraient de 6 pour 100 du montant des salaires. La proposition de MM. Reyneau et Gilliot impose une contribution aux tréfonciers, elle prévoit également une subvention de l'État, des dons, legs, etc. Les pensions seraient accordées, dès l'âge de quarante-cinq ans, après vingt-cinq années de travail. L'administration des Caisses serait confiée à une commission dans laquelle les représentants des ouvriers seraient en nombre double des patrons.

MM. Émile Brousse, de Lanessan, etc., demandent également que les concessionnaires soient mis dans l'obligation de créer des Caisses de prévoyance et prélèvent dans ce but de 10 à 15 pour 100 des bénéfices réalisés dans les exploitations minières[2] ; la retenue qu'ils

1. La Commission parlementaire, devant laquelle avait été renvoyé l'examen de la proposition relative à l'institution de Délégués dans les mines, après avoir adopté cette proposition à l'unanimité et avoir présenté un rapport conforme, vient de retirer son rapport pour lui en substituer un autre, déposé le 3 avril 1884. Les conclusions de ce rapport sont favorables à la création des Délégués mineurs et sont résumées dans une nouvelle proposition en dix articles laissant subsister tous les inconvénients de la première et n'en diffèrent qu'en ce que le Délégué ne procédera plus *concurremment* avec le représentant de l'Administration des Mines.

2. La proposition n'a pas prévu le cas où l'exploitation ne donnerait aucun bénéfice.

opèrent sur les salaires est de 3 à 6 pour 100. Leur proposition accorde la retraite après trente années de travail, sans limite d'âge; elle confie l'administration des Caisses à la gestion exclusive des ouvriers; enfin elle solidarise entre elles les Caisses de mines et de bassins divers.

MM. Marius Chavanne et Girodet créent, par leur proposition de loi, une Caisse centrale de prévoyance et de retraite, administrée par la Caisse des Dépôts et Consignations avec garantie de l'État; cette Caisse, commune à tous les ouvriers mineurs de France, serait alimentée par une retenue de 5 pour 100 sur les salaires, par une subvention, égale au total des retenues, mise à la charge des exploitants, et enfin, par des dotations de l'État, des communes, etc. Chaque ouvrier, dans ce système, aurait un carnet individuel constatant les versements faits à son compte; ce carnet lui permettrait d'obtenir une retraite proportionnelle à un moment quelconque. La pension serait accordée de droit après 25 années de travail, quel que soit l'âge du mineur pour les ouvriers du fond, et à 50 ans, pour les ouvriers de l'extérieur.

La proposition Chavanne et Girodet crée, en outre, des Caisses particulières de secours dans chaque mine; ces Caisses locales seraient alimentées par les fonds de réserve des Caisses existantes, par une subvention de la Caisse centrale et par des dons, legs, etc.; elles fourniraient des secours et indemnités aux malades et aux blessés, à leurs femmes, à leurs enfants et aux veuves; elles pourraient dans ce but réaliser des combinaisons d'assurance avec les Compagnies d'assurances françaises et autorisées; enfin les Caisses particulières de secours seraient centralisées et solidarisées par arrondissements miniers et administrées par des conseils composés de douze ouvriers élus et de six délégués des patrons.

La proposition de M. Waldeck-Rousseau, seule, respecte la liberté des concessionnaires de mines, en leur laissant la faculté de créer des Caisses de retraite; mais elle leur en impose les charges, en prescrivant qu'ils contribueront aux frais du fonctionnement des Caisses, au moyen d'une subvention égale au montant des cotisations des ouvriers; celles-ci ne pourront excéder 6 francs par mois et par tête d'ouvrier. Ce dernier projet accorde aux ouvriers des pensions de 1,200 francs, après 25 années de travail et sans limite d'âge; enfin il exclut les concessionnaires de l'administration des Caisses.

Nous avons analysé sommairement les diverses propositions de loi dont est saisie la Chambre des députés; voyons maintenant si l'on

trouve, dans les lois et règlements en vigueur, quelque texte dont les auteurs de ces propositions pourraient se prévaloir pour faire approuver par le Parlement les mesures qu'ils veulent appliquer aux mines.

Les mines sont régies par la loi du 21 avril 1810. Qu'y trouvons-nous? L'art. 7 de cette loi dit que l'acte de concession « donne la pro- « priété perpétuelle de la mine. » On peut donc affirmer qu'en dehors des restrictions relatives à la surveillance des travaux et au bon aménagement des gîtes minéraux (art. 47 à 50), les mines étant une propriété comme toutes les autres, l'État n'a pas à s'immiscer dans les arrangements que les exploitants peuvent prendre dans l'intérêt de leurs ouvriers; il ne peut s'attribuer davantage le droit d'imposer aux concessionnaires des conditions de jouissance différentes de celles qui ont présidé à leur entrée en possession : l'acte de concession, en un mot, constitue un contrat bilatéral qu'une des deux parties, l'État, ne peut modifier, ne peut déchirer sans le consentement et la volonté expresse de l'autre partie.

On a fait valoir des précédents : l'édit du 14 mai 1604, par lequel le roi Henri IV avait spécifié qu'il serait prélevé dans les mines le trentième de tout ce qu'on en extrairait pour *l'entretènement de deux prêtres et d'un chirurgien;* cet édit, qui a été abrogé, n'existe plus qu'à l'état de souvenir historique et les dispositions qu'il prescrivait présentent un caractère d'arbitraire qui ne peut trouver place dans notre législation actuelle.

Nous ne nous arrêterons pas à l'examen du décret du 26 mai 1813 et de l'ordonnance du 25 juin 1817 qui avaient pour but, l'un de reconnaître et l'autre d'autoriser d'une part, une Société de prévoyance et de l'autre, une Caisse de secours, créées par les exploitants en dehors de toute contrainte officielle; leurs dispositions n'apportent, en effet, aucun argument nouveau en faveur de la thèse soutenue par les signataires des propositions de loi, elles iraient plutôt à l'encontre; aussi arriverons-nous, tout de suite, au décret du 3 janvier 1813, derrière lequel se sont retranchés les partisans des propositions de loi, ne trouvant rien dans la loi organique de 1810, ni dans les actes qui l'ont suivie.

Remarquons, tout d'abord, que le décret dont il s'agit, n'a qu'une portée très limitée, comme tous les décrets-loi du premier Empire, et qu'il n'a pris force de loi qu'en vertu de la jurisprudence constante de la Cour de cassation.

Au titre III du décret du 3 janvier 1818, concernant les *mesures à prendre en cas d'accident*, il est dit (art. 15 et 16) que les exploitants seront tenus de fournir les médicaments et d'entretenir à leurs frais un chirurgien, là où l'importance de l'exploitation et le nombre des ouvriers rendent cette mesure nécessaire.

Ces prescriptions ont été prises dans un but purement humanitaire; elles ont pour objet de faire face aux premiers secours et aux premiers soins à donner aux victimes du travail de mines. Mais les auteurs des propositions de loi demandent bien autre chose et ils ne peuvent s'autoriser des mesures prescrites par le décret de 1813 pour venir imposer aux concessionnaires de mines des obligations qui porteraient atteinte aux droits de propriété et de jouissance que leur confèrent les actes de concession.

Ajoutons qu'à l'étranger, la création d'Institutions de prévoyance n'est nullement obligatoire pour les exploitants, si ce n'est en Allemagne et dans les pays limitrophes, ce qui se conçoit dans un État où on a pensé à imposer l'assurance aux ouvriers de toutes les industries sans distinction. Je ne m'étendrai pas sur ce qui se fait à l'étranger, M. G. Salomon a déjà plaidé, devant vous, Messieurs, la cause de la liberté, tant pour les exploitants que pour les ouvriers [1].

En Angleterre et en Belgique, comme en France, l'initiative privée a produit des merveilles. Il existe en Belgique, dans les principaux centres miniers, des Caisses communes de prévoyance et des Caisses particulières de secours. Les Caisses centrales ont été approuvées par l'État et sont conçues sur un type uniforme, mais elles sont sorties d'un mouvement spontané des concessionnaires.

Enfin, en France, les exploitants n'ont pas attendu davantage les injonctions des pouvoirs publics; ils savent que pour s'attacher l'ouvrier, il faut améliorer son sort et, dans ce but, ils se sont imposé des sacrifices considérables; or, je crois pouvoir démontrer que les concessionnaires de mines ont fait spontanément plus qu'on n'aurait pu obtenir d'eux par une réglementation arbitraire.

Voyons tout d'abord si les propositions de loi relatives à l'organisation des Institutions de prévoyance et des Caisses de secours dans les mines ne créent pas à l'ouvrier une situation plus défavorable que celle qui lui est faite aujourd'hui par les exploitants.

1. Voir les *Comptes rendus de la Société des Ingénieurs civils*, séance du 4 janvier 1878.

Il convient de faire remarquer, en commençant, combien il serait arbitraire de la part de l'État de vouloir opérer sur le salaire des ouvriers une retenue quelconque, en vue de subvenir à une partie des charges résultant du service des Caisses de secours et de retraite; les exploitants peuvent faire cette retenue, car en embauchant leurs ouvriers ils débattent librement avec eux les conditions du travail et du salaire, mais les pouvoirs publics n'ont pas le droit de s'interposer dans les rapports existants entre les concessionnaires et leur personnel, ils ne peuvent imposer, pas plus aux uns qu'aux autres, des charges particulières ou des conditions spéciales. Oui, l'épargne ne se décrète pas par une mesure législative, comme l'a fort bien dit M. Guary devant la Commission parlementaire chargée de l'examen des propositions de loi relatives aux mines : « l'épargne doit être le résultat d'une moralité « plus grande et plus développée ; » on ne peut décider législativement qu'on mettra la main sur une partie du salaire, et cela, même dans le but le plus louable ; le salaire appartient au mineur, car il est la rémunération de son travail, et y toucher, ce serait s'exposer volontairement à inquiéter la classe ouvrière tout entière !

J'ai dit que les propositions étaient désavantageuses pour les mineurs, elles le sont, en effet, par l'importance de la retenue qu'on veut leur imposer. Cette retenue est de 6 pour 100 dans la proposition de MM. Reyneau et Gilliot, de 3 à 6 pour 100 dans la proposition Brousse, de 5 pour 100 dans la proposition Marius Chavanne et Girodet, enfin elle correspond, de 4 à 5 pour 100, dans le système de M. Waldeck-Rousseau. Or il n'existe pas actuellement, en France, de concession de mines où la retenue, opérée sur le salaire, excède 3 pour 100 et même certaines compagnies n'exercent qu'un prélèvement inférieur à ce chiffre ; telles sont les sociétés de Carmaux (Tarn), d'Ahun (Creuse), de Brassac (Puy-de-Dôme), de Courrières à Billy-Montigny (Pas-de-Calais) et de Terrenoire (Loire).

Dans de nombreuses exploitations, tous les frais afférents au service des Caisses de secours et des pensions de retraite sont supportés intégralement par les concessionnaires ; aucun prélèvement n'est exercé, pour ce motif, sur le salaire des ouvriers appartenant aux Compagnies d'Anzin (Nord), Bruay (Pas-de-Calais), Creusot (Saône-et-Loire), Montrambert et la Béraudière, Roche-la-Molière et Firminy, Rive-de-Gier, la Péronnière, Saint-Chamond (Loire), Aubin (Aveyron).

Dans les mines de Blanzy, les pensions de retraite sont entièrement

mises à la charge de la Compagnie concessionnaire, la Caisse de secours seule étant alimentée au moyen d'une retenue faite sur les salaires.

Or les exploitations qui font ainsi tous les frais du double service des secours et des retraites occupent plus de 30,000 ouvriers, total qui représente environ le tiers de la population minière de la France. Que diraient ces 30,000 ouvriers si on venait, en vertu de règlements nouveaux, toucher à un salaire dont ils ont bénéficié intégralement jusqu'à ce jour?

Les Compagnies minières, dans lesquelles on opère un prélèvement inférieur à 3 pour 100 du salaire, n'emploient pas moins de 10,000 ouvriers; il s'agit pour ceux-ci de supporter aujourd'hui une retenue de 4 à 6 pour 100, c'est-à-dire de doubler celle qui est exercée actuellement; enfin, dans les exploitations minérales, que je n'ai pas nominativement désignées et où la retenue ne dépasse pas, dans le présent, 3 pour 100, il y aurait lieu d'augmenter aujourd'hui cette retenue d'au moins 1 à 2 pour 100, si on adoptait les propositions dont est saisie la Chambre des députés. Croit-on que de pareilles mesures seraient de nature à donner satisfaction aux 110,000 mineurs de France et pense-t-on raisonnablement qu'ils gagneraient quelque chose à l'aggravation de charges qu'il est question de leur imposer? J'en doute et il est à présumer que, si les ouvriers étaient consultés sur cette question, ils se refuseraient à accepter le supplément de retenue qui résulterait pour eux de l'application des propositions à l'étude.

Il convient de faire remarquer ici que, si dans une pensée charitable, dans un sentiment de prévoyance pour l'ouvrier, certaines Compagnies ont voulu prendre à leur charge la totalité des dépenses entraînées par le fonctionnement des Caisses de secours et de retraite, cette mesure est, à un autre point de vue, regrettable en ce qu'elle n'incite pas l'ouvrier à épargner lui-même en prévision de l'avenir.

Les Caisses qui ne sont pas alimentées par des versements des ouvriers, sont de véritables Caisses de bienfaisance; elles ne respectent pas la dignité de l'ouvrier, qui ne considère plus la retraite ou les secours qu'il reçoit que comme une aumône faite par le concessionnaire des mines, tandis que ses versements à la Caisse lui créent des droits incontestables et le relèvent à ses propres yeux.

Il faut encore tenir compte d'un fait observé dans les bassins houillers où fonctionnent parallèlement des Caisses dont les unes sont

subventionnées exclusivement par les concessionnaires, et dont les autres sont alimentées à la fois par les retenues ouvrières et par les versements des exploitants; c'est que le mineur ne considérant, comme étant réellement son salaire, que la somme directement versée entre ses mains, on est conduit, dans les exploitations où s'opère une retenue au profit des Caisses de prévoyance, à accroître les salaires d'une somme égale à cette retenue sous peine, dans le cas où on ne procéderait pas ainsi, de voir l'ouvrier passer dans les mines où il perçoit l'intégralité de son salaire. Or cette augmentation correspond exactement pour l'exploitant, aux frais du service de la Caisse établie dans la mine, si bien que, là où l'ouvrier paraît subvenir par ses propres versements à une partie des charges qu'entraîne le double service des secours et des retraites, c'est encore en réalité l'exploitant qui lui fournit, sous forme d'augmentation de salaire, sa contribution aux charges des Caisses de prévoyance.

Les sacrifices que font les exploitants en faveur de leur personnel ouvrier sont considérables. Voici les chiffres qui les représentent pour quelques Sociétés houillères :

En 1882, la contribution mise à la charge de la Société des Mines de Liévin, en sus du salaire attribué à chaque ouvrier, a été par tête de 163 francs, celle des Mines de Bessèges, a été, dans les mêmes conditions, de 118 francs; celle des Mines d'Aniche de 114 francs; celle des Mines d'Anzin de 95 francs; celle de Blanzy de 90 francs; celle des Mines de Firminy de 86 fr. 50; celle de la Société d'Épinac, qui est restée plusieurs années sans distribuer de dividende, de 86 francs. Dans cette dernière Compagnie, pendant que l'actionnaire ne touchait rien, l'ouvrier recevait un don annuel de 86 francs.

Si on met en regard de ces chiffres ceux qui représentent la contribution que s'impose l'État, dans les mines domaniales de Prusse, où les Caisses sont rendues obligatoires par la loi allemande, on voit que les charges que s'attribuent certaines de nos Compagnies françaises, sont à peu près doubles de celles que supportent les concessionnaires des mines de Saxe et de Prusse dont les versements ne montent qu'à 53 francs par tête d'ouvrier.

Certains projets de loi demandent que les Caisses soient solidarisées; les Caisses existantes fonctionnent dans des conditions trop différentes pour que cette concentration soit possible et il faut ajouter que cette

fédération de toutes les Caisses en une Caisse unique ou en plusieurs Caisses centrales, grossissant l'institution, aurait pour conséquence des lenteurs inévitables dans le fonctionnement des services de secours ou des pensions, retards d'autant plus regrettables que l'ouvrier ou sa famille sont dans le besoin.

Cependant le vœu, exprimé dans certaines propositions de loi, de voir les Caisses solidarisées a été réalisé par six Compagnies du bassin de la Loire, ce qui montre combien sont variées les formes d'assistance que la sollicitude et l'initiative des exploitants de mines ont fait éclore de toutes parts. Il existe dans la Loire une Caisse centrale des retraites à laquelle sont affiliés 10,000 ouvriers. Elle a été créée, en 1867, par les Sociétés des mines de la Loire, des houillères de Montrambert, des houillères de Saint-Étienne, des mines de Beaubrun, des mines de la Peronnière et des mines de Villebœuf.

Ce qui a rendu cette concentration possible, c'est la communauté d'origine des quatre principales Sociétés, issues en 1854 du fractionnement de l'ancienne Société civile des Mines de la Loire ; mais avec la diversité d'intérêts et la variété de forme qu'affectent les Caisses actuelles, la fusion et la solidarité paraissent bien difficiles à réaliser, et on ne voit pas d'ailleurs de quel droit, pour liquider les Caisses existantes, l'État, comme le demande la proposition de MM. Marius Chavanne et Girodet, s'approprierait leurs fonds, sans tenir compte des droits que les versements, faits à ces Caisses, donnent à ceux qui les ont constitués.

Enfin, pourquoi vouloir exclure les exploitants de l'administration des Caisses, alors qu'on trouve bon de les faire contribuer aux charges qu'elles entraînent ? Pourquoi, en un mot, leur refuser d'être, dans une certaine mesure, les dispensateurs de ressources qu'ils ont formées ? Leur refuser une place dans les conseils chargés d'administrer les Caisses, ou les mettre en minorité dans ces conseils, vis-à-vis de l'élément ouvrier, n'est-ce pas s'exposer à voir fausser l'institution ? En excluant les exploitants de la gestion des Caisses, ne doit-on pas s'attendre à voir les réserves, qui ont été constituées en vue de faire face aux secours et aux charges des pensions de retraite, détournées de leur véritable destination et devenir, entre les mains du mineur, le fonds de grève employé à préparer et à soutenir la lutte contre l'exploitant ?

Il convient donc, si on veut éviter un pareil danger, de faire, dans

l'administration des Caisses, une part égale aux représentants des patrons et aux mandataires des ouvriers.

Une autre disposition, inscrite dans la proposition de M. Waldeck-Rousseau, et que nous retrouvons en substance dans les trois autres, aurait en vue d'accorder à l'ouvrier une pension de retraite de 1,200 francs, après vingt-cinq années de travail, sans limite d'âge, de telle sorte que le mineur, entré à 15 ans dans la mine, aurait droit à sa retraite à l'âge de 40 ans. Dans ces conditions, ce serait au moment où l'ouvrier se trouverait dans la plénitude de ses forces physiques, au moment où il aurait acquis l'expérience professionnelle, si nécessaire dans les travaux souterrains, qu'une retraite prématurée viendrait priver sa famille de son salaire et l'exploitant de son travail. Une semblable disposition serait funeste à l'ouvrier lui-même, car elle le livrerait, avec de modestes ressources, à une ruineuse oisiveté. Combien est plus sage le règlement de la Caisse centrale des retraites du bassin de la Loire qui accorde à l'ouvrier une pension de 300 francs à 55 ans d'âge, et lui alloue en sus des primes de 25 francs par chaque année supplémentaire de travail donnée à la mine. En vertu de cette disposition, les ouvriers, arrivés à l'âge de la retraite, demandent presque toujours à bénéficier de la faculté, qui leur est donnée, de continuer à travailler dans les mines associées, car ils peuvent aisément, grâce au jeu des primes, parvenir à doubler le chiffre de leur retraite.

On se trouve donc ainsi attacher le mineur à l'exploitation [1], on retient les ouvriers capables et expérimentés, et par suite on diminue les chances d'accidents.

On voit, par le court exposé qui précède, les résultats merveilleux dus à la libre initiative des exploitants; les concessionnaires de mines ont créé des Caisses de retraite et de secours indépendantes, et c'est à cette autonomie même que leur œuvre doit sa vitalité, son succès et sa perfectibilité; l'État doit respecter des fondations qui rendent chaque jour de si nombreux et de si utiles services; il ne doit pas toucher à une organisation qui est profondément entrée dans les mœurs et dans les habitudes de la classe ouvrière et qui fonctionne à l'entière satisfaction des intéressés.

1. Sur 10,000 ouvriers, affiliés à la Caisse centrale du bassin de la Loire, environ 450, bien qu'ayant actuellement acquis leurs droits à la pension de retraite, continuent à travailler dans les mines associées. Cet exemple montre combien est appréciée par le mineur la disposition du règlement qui lui permet d'accroître sa retraite en restant attaché à l'exploitation; enfin il fait voir que le travail des mines est loin d'être aussi pénible et aussi funeste à la santé qu'on s'est plu à le dire.

S'ensuit-il que le Gouvernement ne puisse rien faire pour favoriser le développement et l'éclosion des Institutions de prévoyance et de secours dont les exploitants ont doté les districts miniers ? Telle n'est pas ma pensée. Les pouvoirs publics peuvent donner aux Caisses existantes des facilités analogues à celles que donne aux Caisses belges la loi du 28 mars 1868, notamment la capacité civile, la reconnaissance d'utilité publique, des subventions, encouragements, etc. Le Gouvernement pourrait faire connaître aux concessionnaires les perfectionnements réalisés, tant en France qu'à l'étranger, dans le fonctionnement des services des Caisses de secours et de retraite, il pourrait encore préparer, avec le concours des exploitants, des statuts-types et inviter, par voie purement administrative, les Sociétés minières à s'en rapprocher le plus possible. En recourant à de semblables mesures, l'État arrivera à améliorer et à fortifier l'œuvre des exploitants, mais son intervention ne peut être, en tout cas, que très limitée, ou sinon elle annihilerait les efforts des concessionnaires.

Quand on se rend compte des créations si diverses dont sont dotés nos bassins houillers : Caisses de secours et de retraite, Hospices, Hôpitaux, Écoles, Cours d'adultes, Orphelinats, Crèches, Habitations ouvrières, Économats, Caisses d'épargne, etc., etc, toutes institutions qui ont pour but de soulager l'ouvrier dans la misère, de l'assister sur ses vieux jours, de pourvoir à ses besoins matériels, de le loger, de le nourrir et de le vêtir à peu de frais, de l'inciter à l'épargne, au moyen d'encouragements divers ; de prendre soin de ses enfants, de leur inculquer les sages notions de l'ordre, du travail, de la probité et de l'honneur ; quand on voit, en un mot, toutes ces fondations si variées et si prospères, on doit reconnaître que seule l'initiative libre et spontanée des concessionnaires de mines a pu produire de pareilles merveilles, on doit constater que les exploitants ont fait pour leur personnel plus qu'il n'a jamais été produit dans aucune autre industrie, et alors on demeure effrayé à la pensée que peut-être, par une réglementation arbitraire, on va aujourd'hui entraver et paralyser toutes ces œuvres si fécondes, que le souffle vivifiant de la liberté a fait éclore et a développées dans nos centres miniers, en dehors de toute contrainte, en dehors de tout intérêt personnel, dans un but unique d'humanité et de progrès social !

DISCOURS PRONONCÉ

SUR

LA TOMBE DE M. STÉPHANE MONY

PAR M. IVAN FLACHAT.

« MESSIEURS,

« Si la tâche que les suffrages de mes collègues à la Société des Ingénieurs civils m'ont donnée de suppléer le Président de la Société est toujours honorable, elle est parfois douloureuse et pénible à remplir. Elle ne m'a jamais paru plus pesante et plus ardue qu'en ce moment, devant le cercueil de ce maître vénéré, qui fut pour moi pendant si longtemps un chef attentif, et sur qui j'aimais à reporter l'affection respectueuse que j'avais conservée à son frère, Eugène Flachat.

« J'ai à vous retracer, au nom de la Société des Ingénieurs civils, à laquelle il s'associa dès ses débuts, en 1849, et qu'il présida pendant l'année de l'Exposition universelle de 1855, sa carrière industrielle et scientifique. J'ai à faire appel à ma mémoire, et à des recherches intellectuelles, alors qu'il m'est difficile de rassembler mes esprits, et que je voudrais ne prêter l'oreille qu'aux seules voix du cœur.

« Veuillez donc excuser les lacunes de mes souvenirs, et voir dans mes paroles plus encore que l'hommage d'un collègue à son ancien président ; le culte pieux d'un élève à son vieux maître !

« Christophe-Stéphane Mony est né à Paris le 14 février 1800. Il était tout jeune encore lors des campagnes du premier Empire, et je lui ai entendu raconter plus d'une fois qu'étant, avec sa mère et ses jeunes frères à Ambleteuse, près de Boulogne, il avait écouté, l'oreille collée contre la terre, à plus de 200 kilomètres, la grande voix du canon de Waterloo. Quoi d'étonnant alors à ce que tous ceux de nos amis qui l'ont connu à l'âge des ardeurs et des passions, se soient trouvés

d'accord pour admirer en lui ces généreux élans, et cette fibre patriotique qui vibrait, en toute circonstance, si fort et si haut pour l'honneur de la France !

« Après avoir fait ses études au lycée Bonaparte, aujourd'hui lycée Descartes, Stéphane Mony entra à l'École des mines de Paris. Il en sortit en 1822 et fonda avec ses frères, en 1826, une société pour la recherche des mines et le forage des puits artésiens. Puis il écrivit trois ouvrages importants : en 1828, quatre volumes du canal maritime de Rouen à Paris ; en 1829, une histoire du canal Calédonien ; en 1833 enfin, des vues politiques et pratiques sur les travaux publics.

« Deux ans plus tard, en 1835, il était le collaborateur d'Émile et d'Isaac Pereire, et le collègue de Clapeyron et de Lamé pour la construction du chemin de fer de Saint-Germain entre Paris et le Pecq, qu'il était réservé à son frère, Eugène Flachat, de conduire jusque sur la terrasse de Saint-Germain, au moyen du système atmosphérique d'abord, et ensuite au moyen des puissantes locomotives Antée et Hercule, qui franchissaient, dès le temps de Louis-Philippe, une rampe parabolique atteignant 35 millimètres par mètre au sommet.

« Après le chemin du Pecq, il construisit le chemin de Versailles (R. D.) avec Clapeyron et Lefort, et ces travaux qui nous semblent aujourd'hui comparativement peu de chose, étaient considérables en vérité, alors qu'il fallait tout innover, tout créer : tout, jusqu'à la jurisprudence, jusqu'à la sympathie des populations hostiles.

« En 1840, il fut appelé, par la confiance de MM. Rambourg frères, à la direction des mines de Commentry, qu'il n'a plus quittée, bien que l'occupant successivement à divers titres : depuis 1853, comme l'un des gérants de la société en commandite Boigues, Rambourg et Cie ; et depuis 1873, comme l'un des directeurs généraux de la société anonyme de Commentry-Fourchambault.

« Depuis cette époque, ses travaux d'ingénieur prirent un autre caractère, car les difficultés à surmonter pour l'établissement, en 1844, du chemin de fer de Commentry au canal du Berry, coupé en trois tronçons séparés par deux plans inclinés automoteurs, à câbles et poulies ; pour installer, en 1850, un service de locomotives sur ces voies de un mètre de largeur à très faibles accotements ; pour les mettre en communication, en 1866, avec la gare de la compagnie d'Orléans, à Commentry ; et pour les prolonger, en 1878, sur la mine de Montvicq ;

ne sont rien à côté de celles rencontrées dans la conduite de la mine elle-même.

« En 1840, une grande partie de la couche entamée par l'exploitation était en feu. Quelle somme de courage, d'intelligence, de dévouement a été dépensée pour lutter contre ce terrible élément ; pour le déloger successivement et pas à pas, de chacun des chantiers, pour le cantonner enfin à une extrémité des affleurements ! Et, plus tard, quand l'eau de la rivière la Banne, débordée, faisait irruption dans les chantiers ; quand cinq ouvriers enfermés par les eaux pendant quatre-vingt-dix mortelles heures, ont dû leur salut à l'énergie qu'il savait imprimer aux travaux de recherches, en décuplant les forces des ouvriers, par l'entraînement de son cœur, de sa parole et de son exemple ; il nous donnait, à tous, les grands enseignements du devoir, du dévouement, de la grandeur d'âme, qui sont, et tous ceux qui m'écoutent l'affirment avec moi, le complément indispensable de tout ingénieur qui commande à des ouvriers et a la charge de ses semblables.

« Nul, plus que Stéphane Mony, Messieurs, n'était pénétré de ses devoirs à cet égard ; et ses préoccupations ont pris, sur la fin de sa vie, une forme vivante dans deux écrits, dont le dernier, l'*Etude sur le travail*, a fait, en 1878, l'objet d'un compte rendu spécial inséré dans les mémoires de la Société.

« Il constate que les relations entre l'ouvrier et le patron ne peuvent s'adoucir qu'à la condition qu'ils soient animés, chacun de leur côté, de l'impulsion qui se résume en ces simples paroles : « Aimez-vous les uns les autres. » Ce livre, Messieurs, est l'œuvre d'un penseur ; il a eu deux éditions. Il est assurément digne d'attention, car, à l'encontre de tant d'autres qui partent du catholicisme enseigné dans leur jeune âge, pour arriver au doute à l'âge mûr, l'auteur, parti dans sa jeunesse de la libre-pensée, entraîné par la réflexion, par l'expérience et la logique, est arrivé droit au catholicisme, et est mort en chrétien convaincu.

« Je n'ajouterai rien, Messieurs, à ce résumé trop succinct d'une vie si féconde pour le travail, bien qu'il y ait encore beaucoup à citer des fonctions publiques ou honorifiques qui sont venues illustrer son labeur.

« Maire, conseiller général, député, officier de la Légion d'honneur, président de diverses sociétés et commissions, etc., Stéphane Mony

a conservé jusqu'à sa 85e année et jusqu'à son dernier moment, l'usage de tous ses sens, et la rectitude d'appréciation des intérêts qu'il avait à défendre. Sa carrière est d'un grand exemple, et la Société des Ingénieurs civils, en rendant sur la tombe de son ancien président l'hommage qu'il a mérité, ne peut mieux faire que de souhaiter, à chacun de ses membres, une vie aussi bien remplie, une fin si douce, si lucide et si honorée. »

DISCOURS DE M. LE BARON DE LA ROCHETTE.

Président du Conseil d'administration de la Société anonyme de Commentry-Fourchambault.

« MESSIEURS,

« L'existence de M. Mony s'est passée au milieu de vous; son œuvre est sous vos yeux, témoignage vivant et durable, qui parle, pour sa mémoire, plus haut que tous les éloges que je pourrais lui adresser.

« Permettez-moi seulement de déposer sur ce cercueil, l'hommage des douloureux regrets du Conseil d'administration, et de sa vive gratitude pour les services que M. Mony a, pendant plus de trente ans, rendus à notre Société, avec l'autorité légitime qui s'attache à la supériorité du talent et du caractère.

« La mort de notre éminent Collègue fait un vide profond dans nos rangs. Ouvrier de la première heure, il était encore sur la brèche à la dernière; et, par un rare privilège, sa vaste intelligence est restée jusqu'à la fin, à la hauteur de son dévouement. Grandi par le travail, il a fait du travail l'objet des études de sa verte vieillesse, et lui a consacré ce beau livre, où éclate à chaque ligne — comme dans tous les actes de sa longue vie — une sollicitude vraiment paternelle pour les soldats de l'industrie.

« Esprit facilement accessible aux idées nouvelles, mais prémuni par l'expérience contre les illusions, il ne s'égare pas, comme tant d'autres, à vouloir résoudre des problèmes insolubles de leur nature, et nous

montre du doigt, comme les plus sûrs remèdes à l'imperfection de toutes les organisations humaines, deux choses d'essence divine : la Liberté et la Charité.

« M. Mony nous lègue, avec un grand exemple, des collaborateurs capables de l'imiter, formés à son école, associés intimement à ses travaux. Vous avez, mieux que nous peut-être, Messieurs, éprouvé la droiture, la bonté, la justice du chef que vous venez de perdre ; aussi, ne suis-je pas surpris, en voyant ici votre douleur égaler, sinon surpasser la nôtre.

« Et, puisque le moment du dernier adieu est venu, faisons comme l'ami qui vient de nous quitter : détournons nos regards de cette terre, et portons-les plus haut, vers cette vie meilleure, où se retrouvent les hommes de bien. »

DISCOURS DE M. PANNETIER.

Après lui, M. Pannetier a prononcé les paroles suivantes au nom du commerce de la ville de Commentry :

« Messieurs,

« Avant de nous séparer de l'homme éminent que nous venons d'accompagner à sa dernière demeure, et que nous pouvons nommer le père des Travailleurs, nous tenons à déposer sur sa tombe, au nom des habitants et des commerçants de la ville de Commentry, un témoignage de reconnaissance.

« Pouvons-nous oublier que notre localité est presque son œuvre ; que toujours il sut allier, sans les sacrifier jamais, les intérêts de la commune à ceux de la grande compagnie qu'il gérait si noblement ; et qu'enfin sa constante préoccupation étant la prospérité de notre cité : il ne recula devant aucun sacrifice pour en relever le niveau moral et intellectuel.

« Ne nous donne-t-il pas encore aujourd'hui un nouveau gage de

son affection, en voulant, après avoir donné jusqu'à son dernier soupir, l'exemple du devoir et du travail accompli, reposer au milieu de la population qu'il administra comme maire, et dont il se montra constamment l'ami sûr et dévoué ?

« En gardant toujours vivant parmi eux son souvenir, les habitants de Commentry l'honoreront, et ils donneront à sa famille la meilleure preuve de leur attachement. »

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

CHRISTOPHE FRANÇOIS CALLA

PAR M. JULES GAUDRY.

En la personne de Christophe François Calla vient de disparaître le dernier des créateurs de l'industrie des constructions mécaniques en France.

Hallette d'Arras, Bourdon, du Creusot; à Paris, Cavé, Perrier, Derosne, Pihet et Calla portent des noms dont l'histoire nationale doit conserver la mémoire.

La Société des Ingénieurs civils a déjà rendu son hommage à plusieurs de ces illustres fondateurs de nos industries françaises; hommes vraiment remarquables, moins scientifiques peut-être que nos ingénieurs d'aujourd'hui, mais que distinguèrent si étonnamment leur sûreté de prévision, leur esprit pratique, leur puissante initiative et leur patriotique confiance dans les forces du travail national.

J'ai reçu l'honneur d'exposer la grande œuvre industrielle de Calla. Cet exposé devait d'abord être fait par un autre de ses amis plus autorisé que moi, par Loustau, qui fut son collaborateur en diverses circonstances et qui, lui aussi, laissera tant de souvenirs parmi les ingénieurs. La mission m'est finalement restée. L'œuvre industrielle de Calla comprend trois spécialités principales : la fonderie, les machines-outils et les locomobiles.

François Calla, né à Paris en 1802, portait un nom déjà illustre dans l'industrie. Son père, Étienne Calla, élève et ami de Vaucanson, était

fondeur et mécanicien depuis 1788. Étienne avait reçu en 1827 une médaille d'or pour son métier mécanique à tisser et en 1830 le grand prix de la Société Royale d'encouragement pour ses perfectionnements dans le moulage de la fonderie.

A Étienne Calla sont également dus en partie ces modèles de machines et ateliers divers qui, sous la direction de Bettancourt, ont été mis au musée des arts et métiers.

François Calla prit la direction des affaires de son père en 1835, mais il avait déjà conquis sa notoriété : à l'âge de 23 ans, il fut chargé, avec l'élite des ingénieurs militaires, de la réorganisation de la manufacture d'armes de Châtellerault. La famille possède les lettres de haute estime et de satisfaction qu'il reçut en cette circonstance de ses collègues et du ministre.

Ce dernier, qui était le marquis de Clermont-Tonnerre, lui écrit : « Je vous remercie de la participation que vous avez prise aux travaux importants de cette commission ; elle justifie la réputation que vous devez à vos talents. »

Deux ans plus tard, le même ministre lui écrit : « Vos talents et votre expérience me font vivement désirer, monsieur, que vous veuilliez bien continuer à faire partie de cette commission, afin d'achever le travail important dont la première partie a été faite d'une manière si satisfaisante. » En effet, Calla n'avait pas seulement fourni des programmes, il avait exécuté des travaux : l'aiguiserie, l'ajustage, la forge avec sa soufflerie et ses martinets.

Le premier établissement de Calla fut en haut du faubourg Poissonnière, presqu'en face de cette antique usine à gaz de Dubochet et de Pauwels, dont les gazomètres, enfermés dans une tour, donnaient une si étrange physionomie à ce quartier de Paris, ne présentant guère que des masures, des usines et des fondrières qui furent témoins d'horribles batailles à toutes les émeutes.

Vers 1849, l'établissement fut transporté à la Chapelle, où il devint l'un des plus importants de l'époque. On y vit, notamment, la planeuse monumentale cédée par les ateliers Pihet, cet autre pionnier de l'industrie parisienne qui devrait avoir aussi son histoire.

En 1868, Calla transmit son établissement à Chaligny et Guyot-Syonnest, ses habiles directeurs actuels et, se donnant complètement un repos si bien gagné, il se retira, au milieu de la meilleure des familles, dans son hôtel de Passy dont il fut en partie l'architecte, passant ses

hivers à Nice dont il aimait tant le ciel et où il est mort le 24 février 1884, à l'âge de 83 ans, en un jour qui lui rappelait un bon souvenir : c'était celui de la grande émotion populaire en 1848 : Calla aimait ses ouvriers et, très aimé d'eux, il les avait vus s'embrigader spontanément pour défendre la maison contre les émeutiers, s'il était besoin; ce qui se passa aussi, de même qu'aux journées de juin, chez Cavé, son voisin du faubourg Saint-Denis.

Chez l'un comme chez l'autre, on travaillait pour ainsi dire en famille dans un mutuel échange de bons procédés et de ce dévouement, devenu si rare, aux intérêts de la maison que chacun regardait comme sienne. Calla a passé toute sa vie à s'occuper de l'amélioration du sort de l'ouvrier, par ses actes plus encore que par ses écrits.

Il ne donnait pas moins l'exemple de l'ordre et de la méthode; son usine était citée comme un modèle de bonne tenue, avec ses outils brillants comme en un musée, et par l'entente du travail.

Personne n'a poussé plus loin que lui la loyauté, la rondeur en affaires, le charme des relations et le soin consciencieux dans l'exécution des travaux. On aurait pu dire de Calla ce qui se disait du *père Cavé*, cet autre idéal des mécaniciens de ce temps : ses machines sont comme les femmes honnêtes qui n'ont jamais fait parler d'elles. De toutes les œuvres de Calla dont nous nous souvenons, il n'en est pas une pour laquelle il ait fallu appeler l'ouvrier des retouches après la livraison.

La fonderie, qui fut la première spécialité de Calla, exécutait toutes sortes d'ouvrages, depuis les pièces de machines jusqu'à la statuaire, y compris les travaux de voirie : les gargouilles de trottoir des rues de Paris, les candélabres à gaz et les bouches d'égout ont fait lire partout pendant longtemps le nom de Calla.

Parmi les œuvres de fonderie mécanique, il faut relater les plaques tournantes et les grues dont il fit un si grand nombre pour les chemins de fer.

Dès 1827, il eut son procédé de fonte malléable qui fut l'objet d'un rapport à la société d'encouragement.

La fonte d'ornements se pratiquait déjà en France avec succès ; je crois même que c'est au temps de Calla père que remontent les beaux balcons du palais des Tuileries qui viennent d'être chèrement vendus dans la démolition et qui sont maintenant placés sur je ne sais quel château étranger; mais la statuaire en fonte de fer n'était encore re-

présentée que par les lions de la place de l'Institut, à Paris[1], et il semblait qu'il fût indigne de descendre au-dessous du bronze pour faire des statues.

Ce n'était pas tout pour Calla de prétendre y employer la fonte de fer en étudiant les mélanges de métaux, la chaleur de coulée et la délicatesse du moulage. Il fallait persuader les artistes.

Il était alors en relations très amicales avec un grand architecte, l'homme par excellence des traditions et des convictions, mais dont l'esprit était en même temps progressif et audacieux : nous avons nommé Hittorff[2] qui a tenu une si grande place dans les travaux et embellissements du Paris moderne. Hittorff et Calla se comprirent et tout était préparé entre eux pour les fontaines et lampadaires de la place de la Concorde dont l'exécution en fonte de fer causa en son temps tant de surprise.

Mais Calla et Hittorff n'étaient pas de ceux qui cachent leurs progrès et ne les gardent que pour eux seuls. La nouvelle idée avait fait son chemin ; Calla y avait donné lui-même la publicité et proposé en 1838 à la Société d'encouragement un prix pour la découverte d'un procédé propre à rendre la fonte inoxydable, condition indispensable à la statuaire.

On parvenait déjà, comme nous le voyons de nos jours à Dammarie, à Somevire et autres, par des tours de main d'ouvrier, à donner à la fonte sortant du moule une belle couleur ne le cédant pas aux patines du bronze ; mais à la moindre humidité, elle disparaissait sous la rouille ; et, jusqu'au jour où l'on bronza la fonte par la galvanoplastie, on en était réduit à ces peintures et dorures qui empâtaient les lignes.

La commande des fontes de la place de la Concorde ne fut pas donnée directement, comme s'y attendait Calla qui avait fait l'étude des procédés ; Hittorff eut l'ordre de faire une de ces adjudications au rabais, logiques en principe, mais qui ne sont pas toujours justes

1. Ces lions qui restent une curiosité de l'histoire industrielle ne sont plus dans leur état primitif : ils jetaient de l'eau par la gueule en un bassin et donnaient dans les gelées d'hiver des stalactites de glace d'un effet pittoresque. Ils étaient peints en vert clair. On les chansonna et l'un des couplets faisait interroger et répondre ainsi les lions de l'Institut avec assez peu de respect pour le docte corps :

. . . .
Habitant du désert
Ici que viens tu faire?
Tu vois mon habit vert
Je suis de l'Institut
Et je fais de l'eau claire.
. . . .

2. Hittorff, membre de la Société des Ingénieurs civils de Londres, a été aussi membre de notre Société des Ingénieurs de France.

dans la réalité, témoin ce qui arriva pour Calla : des fonderies champenoises, n'ayant pas les mêmes frais de main-d'œuvre et d'octroi que les Parisiens, eurent à plus bas prix toute la commande et, pour fiche de consolation, Calla n'eut que les petites fontaines des Champs-Élysées, dont la décoration rentrait aussi dans ce beau plan d'Hittorff, qui a donné tant de splendeur à ce nouveau quartier de Paris[1].

Calla fut plus heureux ensuite, à l'église de Saint-Vincent-de-Paul, autre grande œuvre de son ami et collaborateur Hittorff.

Les portes[2], le baptistère, les torchères, les bénitiers, toutes les grilles, ayant ensemble 500 mètres carrés de superficie, sont des ouvrages très remarquables, dessinés par Hittorff et fondus en fer par Calla.

Il en est de même des statues équestres et autres des cirques des Champs-Élysées et du boulevard des Filles-du-Calvaire.

Calla a fait aussi la fontaine de la place Louvois, dont les statues sont de Pradier, et qu'on a depuis bronzé, comme presque toutes les autres œuvres en fonte de Paris.

Les statues des colonnes de l'ancienne barrière du Trône sont aussi de Calla ; mais elles sont en bronze, industrie pour laquelle il ajouta un atelier avec four à réverbère à ses usines, mais qu'il ne pratiqua que passagèrement[3].

En même temps, il fit en fonte de fer une grande statue de St-Jean-Baptiste, qui fut très admirée et qui a été depuis partout reproduite. Il fit en outre un grand nombre de statues et statuettes, ainsi que la reproduction en fonte de la plupart des beaux vases des pièces d'eau de Versailles, le tout très heureusement venu, presque toujours sans retouches.

Avec l'architecte Duban, Calla a fait les fontes de la cour du Louvre ; avec Labrouste, qui lui confia toute l'étude d'exécution, il a fondu, ajusté et mis en place la charpente de la bibliothèque Sainte-Geneviève, offrant l'application de la fonte apparente dans la construction

1. C'était avant, un désert et un coupe-gorge où fut assassiné, en 1802, l'ingénieur Lebon, l'inventeur de l'éclairage et du chauffage au gaz, quelques jours après sa magnifique expérience publique de la rue Saint-Dominique.

2. Si incomparables que soient les portes de Florence que Michel-Ange appelait les portes du Paradis, nous n'avons pas fait à Paris assez de réputation aux portes en fonte de Saint-Vincent-de-Paul, non plus qu'aux portes en bronze de la Madeleine, le plus grand morceau de ce genre qui soit connu.

3. A la même époque la fonte du bronze devint une des gloires de l'industrie parisienne chez Soyer, Eck et Durand, et Thiébaut.

des édifices, système dont il y a, depuis, des spécimens intéressants et nombreux, mais dont on ne connaissait guère encore que la magnifique coupole de la halle au blé, laquelle fut encore un des ouvrages auxquels le nom d'Hittorff est relié.

La dernière œuvre de fonderie d'art de Calla a été la grille du square Montholon, d'un moulage d'aspect fruste, mais intentionnellement, pour imiter le moyen âge, dont on sait que cette façon de travail est le caractère.

A cette époque, la fonderie d'art s'était répandue, notamment en Champagne et dans les Ardennes, avec une perfection qui ne laissait plus rien à envier au bronze [1]. Il en était de même de la fonte mécanique. Nos constructeurs de Paris supprimèrent presque tous leur fonderie, et celle-ci devint une industrie spéciale. Calla, lui aussi, renonça à sa fonderie et fit des machines-outils, sa principale spécialité.

Il y avait alors parmi les ingénieurs deux courants opposés d'idées : les uns, comme Cavé, voulaient s'individualiser dans leurs types de machines et ils regardaient comme antipatriotique de ressembler aux étrangers ; telle était la plus commune tendance, et il y avait presque autant de systèmes que de constructeurs, ce qui conduisit à une multitude de types, n'ayant parfois que le mérite de leur originalité.

D'autres ingénieurs crurent tout aussi digne d'un patriotisme éclairé d'aller apprendre à l'étranger ce que l'expérience acquise y avait enseigné, et ils s'appliquaient moins à inventer des systèmes qu'à choisir, où ils se trouvaient, ceux qu'on pouvait le mieux assortir aux convenances françaises.

Calla appartenait plutôt à ce camp des ingénieurs importateurs, où il ne faut pas peu de tact et de savoir.

Il a fait assez de créations personnelles pour qu'on ne craigne pas de reconnaître qu'il a pris à trois célébrités anglaises, Sharp, Nasmith et Withworth, surtout au dernier, le plan général de plusieurs machines-outils, mais en les adaptant, par l'étude et l'exécution des détails, aux caractères de nos ouvriers et aux traditions de nos ateliers. Deux de ces outils, le double-tour pour roues de chemins de fer et la perceuse radiale sont restés des types presque exclusivement généralisés.

Calla, dans un voyage à Manchester, rencontra Withworth, qui l'ac-

1. On se rappelle qu'à la dernière exposition universelle la fonderie d'art a été réellement admirée. Elle est en ce moment une des plus belles industries de Paris, malheureusement très découragée par l'élévation de la main-d'œuvre et les frais d'octroi.

cueillit d'abord assez mal, lui reprochant d'imiter ses machines. « Que voulez-vous, lui dit Calla avec sa bonhomie connue, voulant bien faire, je n'ai pas trouvé moyen de faire autrement que vous ! — Au fait, répondit Withworth en lui tendant la main, vos imitations valent des créations, et j'y gagne d'être par vous popularisé dans votre France à l'estime de laquelle je tiens beaucoup. Prenez-moi tout ce que vous voudrez et soyons bons amis. »

Ils furent, en effet, dès ce jour, très liés, et Withworth ne faisait pas une nouvelle machine qu'il ne mît Calla dans sa confidence, le consultant, le chargeant de ses intérêts en France. Il fut même question d'établir chez Calla une succursale pour la fabrication des fameux canons Withworth. Mais le temps n'était pas encore venu en France de demander de l'artillerie complète à l'industrie privée.

Le célèbre William Penn fut aussi un de ses amis étrangers avec lesquels Calla entretint des relations qui lui étaient chères. Calla n'allait pas passer ses vacances à Dieppe ou à Trouville que Penn ne vînt lui faire sa visite avec son yacht à vapeur dont l'exécution était finie comme une œuvre d'horlogerie [1].

Ce serait nommer presque tous les établissements que de relater ceux auxquels Calla a fourni des machines-outils ; mais on ne peut omettre les instruments-géants qu'il a construits sur ses propres projets pour les arsenaux de l'État. A Indret, il donna un tour à plateau de 4 mètres ; à Toulon, son principal tour a 14 mètres de banc, un plateau de 3 mètres de diamètre avec $1^{m},65$ sous pointe et un poids total de 100 tonnes, Ce tour fut accompagné d'un immense alésoir à cylindre et d'une planeuse à fosse portant 4 outils et ayant 11 mètres de long sur 5 mètres de large [2].

C'est également à Toulon que Calla avait établi, en 1835, une considérable scierie mécanique sur des données alors toutes nouvelles, propres à l'auteur, et qui a été, à la réception, l'objet du procès-verbal le plus flatteur.

1. Nous avons été bien surpris quand, allant voir, en 1849, avec la recommandation de Calla, les ateliers de Penn à Greenwich, nous vîmes de quel modeste atelier sortaient les machines si admirables de fini de ce célèbre constructeur, pendant que nos mécaniciens se bâtissaient des usines semblables à des arsenaux d'État. Depuis les ateliers Penn ont été agrandis et transformés avec une tenue et un soin de travail incomparables qui en font une industrie toute exceptionnelle plus comparable à une fabrique d'horlogerie qu'à un atelier de construction proprement dit. Il est vrai que la célébrité de Penn et de Withworth leur donne la faculté de faire payer leurs œuvres ce qu'ils veulent.

2. On croyait la planeuse de Claparède la plus puissante : elle a 20 mètres de long, mais elle est moins large que celle de Toulon.

Parmi les grandes œuvres mécaniques de Calla, il faut aussi relater le moulin à 12 tournants d'Odessa.

Enfin, l'industrie des constructions de machines est due à Calla. L'introduction et puis la généralisation de ces curieuses collections de *calibres* et de *gabarits*, dits de Withworth, composant, dans un coffre, une sorte de *nécessaire du mécanicien*. On fut d'abord surpris. Aujourd'hui, les gabarits de Withworth, introduits et généralisés par Calla sont la garantie du travail fait avec précision mathématique.

Tout en donnant à la construction des machines-outils une extension toujours croissante, Calla prit, vers 1852, une nouvelle spécialité, où il a été le premier en France et peut-être sur le continent. C'est la machine à vapeur locomobile. Il y en avait eu précédemment quelques essais informes; la mémorable exposition universelle du palais de cristal à Londres fut une révélation : il y avait 7 types de locomobiles qui n'ont presque pas changé depuis, bien que les spécimens de chacune se comptent aujourd'hui par milliers.

Calla comprit l'importance de la locomobile ; il choisit parmi les 7 types exposés et il l'appropria aux besoins français avec son tact habituel; il en entreprit la construction en grand; il fit des sacrifices pour répandre le nouveau moteur dont il prévoyait le grand avenir.

Dès le suivant concours agricole, il n'était déjà plus seul constructeur de locomobiles. On vit les systèmes, encore aujourd'hui caractéristiques, de Duvoir-Albaret, Lotz, Cuming, Gérard, Rouffet, Thomas et Laurens.

A la différence des fabricants anglais, la locomobile de Calla s'est modifiée depuis ; elle est devenue un type *sui generis* dont on connaît la bonne appropriation à tous les services, et comme chez ces mêmes fabricants anglais, c'est par milliers qu'on compte les locomobiles de la maison Calla.

Suivant les traditions de la Société des Ingénieurs civils, je n'avais pour mission que d'exposer l'œuvre industrielle de Calla, mais qu'on aimerait à retracer toute la vie si remplie, si instructive et si attachante de cet homme de bien par excellence, qui fut aussi un penseur, un économiste éminent, un grand chrétien d'une bienfaisance inépuisable, le meilleur des amis et un artiste passionné, surtout pour la musique de grand style ! Aussi la Providence lui a-t-elle donné la faveur incomparable de le laisser se survivre dans une famille digne de lui par le mérite et par la vertu.

Calla avait les relations les plus élevées, on l'a bien vu à ses funérailles ; c'était en même temps l'homme aussi modeste et simple que désintéressé, serviable et paternel pour les jeunes gens laborieux. Ayant eu les plus hautes récompenses à toutes les expositions et aux Sociétés savantes, il n'a jamais eu d'autres distinctions que la croix de chevalier qui lui fut donnée spontanément en 1843 et la croix de Wurtemberg qu'il n'a pas voulu porter à côté de la décoration française. Il n'a pas non plus voulu accepter la nomination de sénateur qui lui fut offerte comme à un des plus dignes représentants de l'industrie.

En même temps qu'il était créateur industriel, il participait à de nombreuses fondations du temps ; il prit, comme généreux donateur et par l'aide qu'il donna de toute manière, une part si grande à la construction des églises de Saint-Vincent-de-Paul et de Saint-Bernard, qu'on le considère comme un des fondateurs de ces beaux édifices. En souvenir de l'appui qu'il donna aux artistes, l'un de ceux-ci s'est plu à sculpter sa tête au chapiteau de l'un des piliers de Saint-Bernard, comme on faisait au moyen âge. On a vu qu'il fut artiste lui-même en faisant à Saint-Vincent-de-Paul les belles grilles dessinées par Hittorff, et autres ouvrages.

Membre, pendant dix années, du conseil municipal de la Chapelle-Saint-Denis, avec Loustau, ils créèrent trois écoles gratuites et une maison d'assistance des pauvres.

Calla était un économiste aussi pratique que distingué et il fut un puissant défenseur de nos industries nationales; il a été jusqu'à sa vieillesse membre de la Chambre du commerce, du Conseil général des manufactures, du Conseil d'hygiène, du comité de la Société d'encouragement; inspecteur du travail des enfants dans les manufactures, examinateur pour l'admission aux écoles d'arts et métiers, l'un des fondateurs du Comptoir d'escompte, délégué cantonal pour l'instruction primaire, membre du jury de presque toutes les expositions industrielles.

Enfin, il a fait partie des nombreuses commissions d'études nommées par le gouvernement, et en 1835, Arago, sur sa seule réputation déjà faite, l'appela pour travailler ensemble les grandes questions intéressant le travail national qu'il allait traiter avec tant de puissance à la Chambre des députés.

Calla avait fait une étude spéciale des grandes orgues d'église ; il a été de presque toutes les commissions pour la réception solennelle de

ces instruments dont la France a conquis la supériorité notoire, et il est permis de croire que son influence n'a pas été étrangère aux progrès réalisés par Cavalier-Coll, Daublaine, Merklin et autres grands facteurs.

Calla a rédigé une multitude de rapports, notices et mémoires ; il en a fait de très remarquables par le fond et la forme sur le régime des douanes, sur les conséquences économiques de l'annexion des communes suburbaines à Paris, sur la situation comparée de l'industrie en France, en Belgique et en Angleterre, sur les expositions, sur la défense de la fabrication française, sur la situation ouvrière, sur les caisses de retraites et de prévoyance, sur la nécessité de couper le travail par le sage repos périodique et hebdomadaire du dimanche, considéré comme question d'hygiène, en dehors de toute idée religieuse ; et il faisait une application courageuse de ce principe, alors bien plus rarement admis qu'il n'est aujourd'hui.

Sur toutes ces questions d'industrie ou d'économie publique, il savait se faire écouter, non seulement par ses grandes relations, mais parce que ses écrits et ses actes étaient empreints de cette sagesse, de cette impartialité d'honnête homme et de ce caractère pratique qui finissent par avoir raison.

Il fut l'un des fondateurs de l'union des constructeurs, et il prit, avec Flachat, la part prépondérante, dans la mémorable défense de l'industrie française, qui eut pour résultat de faire commander à nos ateliers récemment créés ou développés les 14 frégates à vapeur, dites du prince de Joinville, qu'un célèbre homme d'État, bien loin de manquer de patriotisme, voulait cependant faire commander en Angleterre, croyant notre industrie nationale incapable de les produire. On sait avec quel succès fut construite cette flotte par Cavé, Hallette et le Creusot, en moins de temps et à moindre prix qu'on ne demandait.

Ce fut à la même époque que les Compagnies naissantes de chemins de fer se mirent à commander aux constructeurs français la totalité de leur matériel, dont on a vu Calla prendre sa grande part après avoir été le promoteur de cette bienfaisante révolution.

Il avait fourni le programme de la réorganisation de l'enseignement de la mécanique pratique à l'école des ponts et chaussées, et il n'a pas dû être étranger à la fondation de l'école centrale, qu'il affectionnait.

J'ai à peine besoin de dire qu'on le retrouve à la création de la Société des ingénieurs ; il fit partie de son comité durant plusieurs an-

nées. C'est, messieurs, à un ancien collègue, éloigné de nous seulement par son âge et sa surdité que je viens de rendre hommage en votre nom.

Nous n'aurons plus souvent, à rendre cet hommage à la mémoire de nos ancêtres dans l'industrie, puisque presque tous ont disparu. On les admire surtout quand on pense qu'ils n'avaient pas de devanciers et qu'ils ont dû tout créer avec des moyens primitifs, plus que bornés. On aime aussi leur souvenir, car ils étaient généralement des hommes de bien et de devoir, de relation aimables, bienveillants pour la jeunesse. Beaucoup d'entre eux ont plutôt reçu la fortune qu'ils ne couraient après elle; ils songeaient à la gloire et à la prospérité du pays avant de songer à eux-mêmes.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Les voies de communication et les moyens de transport en Suisse. — La construction des chemins de fer aux États-Unis. — Les tramways en Angleterre. — Préservation du fer par la peinture. — Emploi des cartouches de chaux vive dans les houillères. — Machine à vapeur à expansion continue. — Détente adiabatique de la vapeur d'eau.

Les voies de communication et les moyens de transport en Suisse. — M. Maey, ancien ingénieur en chef du matériel et de la traction du chemin de fer Nord-Est suisse, a publié dans les notices introductives de l'exposition de Zurich un aperçu sur la question des moyens de transport, lequel nous paraît renfermer quelques points de vues intéressants.

Dès que l'on eut reconnu l'immense supériorité de la vapeur pour les transports, supériorité constatée d'abord en Angleterre, on devait s'attendre à voir la population pratique et intelligente de la Suisse mettre toute son énergie à appliquer cet agent au perfectionnement de ses moyens de communication. C'est en effet ce qui arriva, car, au bout de peu de temps, on vit les lacs si riants et si pittoresques de la Suisse, où ne naviguaient jusqu'alors que des bateaux à voiles, sillonnés par les bateaux à vapeur, tandis que, pour frayer la voie à la locomotive, on jetait des ponts sur les fleuves, on ouvrait des tranchées dans les montagnes, ou l'on perçait celles-ci de part en part.

Les premiers bateaux à vapeur, le *Linth-Escher* et le *Stadt Luzern* furent construits en 1837 pour les lacs de Zurich et des Quatre-Cantons par la maison Escher Wyss et Cie, dont le nom est connu partout[1].

Le premier chemin de fer, celui de Zurich à Baden, fut inauguré le 31 juillet 1847. A cette ligne vinrent bientôt s'en souder d'autres, et, en 1850, d'éminents ingénieurs anglais, entre autres R. Stephenson, furent appelés à prêter le concours de leurs lumières et de leur expérience pour l'étude du réseau des chemins de fer suisses. La première loi fédérale sur les chemins de fer date du 25 juillet 1852.

1. Il est évident que le texte (traduit de l'allemand) prête à la confusion, et que M. Maey a voulu parler des premiers bateaux construits par la maison Escher-Wyss et non des premiers bateaux qui aient navigué sur les lacs suisses. En effet le bateau le *Guillaume-Tell* construit par M. Mauriac père, de Bordeaux, a été lancé le 28 mai 1823 sur le lac de Genève et a été suivi de près par le *Winkelried*. Nous croyons aussi que notre célèbre constructeur Cavé a fourni des bateaux pour les lacs de Neuchâtel et de Thoune à une date antérieure à 1837. A. M.

Bientôt l'on construisit de tous côtés des lignes de chemins de fer pour relier les vallées, les villes, les cantons et pour mettre la Suisse en communication avec les pays voisins par chemins de fer. C'est ainsi que prit naissance à travers la Suisse la grande artère de transit entre l'est et l'ouest, tandis que celle entre le nord et le sud n'a été complétée que l'an dernier par le percement du Gothard. Mais on est allé plus loin encore : les chemins de fer gravissent le Rigi et l'Uetliberg et, pour plusieurs autres montagnes, les projets sont prêts et n'attendent que le moment favorable pour être mis à exécution.

La différence entre les diverses populations et les diverses races, la souveraineté des cantons et les intérêts particuliers, ont empêché l'établissement du réseau suisse d'après un plan d'ensemble, surtout lorsque l'Assemblée fédérale, appelée à se prononcer entre les deux alternatives : construction par l'État ou construction par l'industrie privée, eut adopté cette dernière.

Aussi ces nouvelles voies de communication n'ont-elles pas été pour toutes les parties de la population une source de prospérité ; on peut espérer que la main puissante de la Confédération réussira, pendant qu'il en est temps encore, à faire tourner les chemins de fer à l'avantage de la généralité du pays.

A la fin de 1881, le réseau exploité était de 2,618 kilomètres. Les dépenses de construction se sont élevées à 788,400,000 francs, soit 300,000 francs par kilomètre de ligne. 550 locomotives, 1,688 voitures à voyageurs contenant 75,000 places et 8,436 wagons à marchandises de tout genre faisaient le service. Le nombre des voyageurs transportés en 1881 a été de 21,861,765 et les marchandises, y compris le bétail, représentent un poids de 5,683,750 tonnes.

68 bateaux à vapeur et 3 bateaux transbordeurs ont effectué sur les lacs le transport d'environ 4 millions de voyageurs et de plusieurs milliers de tonnes de marchandises.

Bien des vallées fertiles attendent encore le moment qui les reliera au réseau principal; de nombreuses diligences franchissent les cols des Alpes et mettent en communication les vallées restées à l'écart entre elles et avec le reste du pays. Le transport des marchandises est effectué par quantité de chariots et des milliers de véhicules de tout genre conduisent les étrangers jusqu'au fond des vallées les plus pittoresques. Dans les villes les plus importantes, les tramways et les fiacres accélèrent la circulation. Des centaines de bateaux à voiles, les uns de forme primitive, les autres de construction moderne, facilitent l'échange des marchandises entre les riverains des lacs. On utilise de nombreux bateaux à rames et à voiles, soit comme embarcations de plaisances, soit comme moyen de se livrer à un exercice corporel, soit pour s'aguerrir dans la lutte contre les vents et les flots.

L'abandon des chemins de fer à l'industrie privée et les intérêts particuliers qui se sont ainsi trouvés en jeu ont introduit une grande diversité

dans la construction et l'exploitation des chemins de fer. Outre le réseau principal à écartement normal, il y a quelques lignes à voie étroite ayant un écartement de 1 à 0m,75. Les locomotives comptent des échantillons de tous les systèmes; machines de deux à quatre essieux pesant de 10 à 56 tonnes, machines à tender séparé et machines tender, machines à adhérence ordinaire et machines à crémaillère, sans oublier les chemins de fer funiculaires du Giesbach et de Glion-Territet où la gravité est utilisée comme force motrice.

Les voitures à voyageurs sont en majeure partie construites suivant le type américain à 2 ou 4 essieux.

Les bateaux à vapeur sont pour la plupart mus par des roues à aubes : quelques-uns sont à hélice. Les uns, notamment les bateaux transbordeurs, servent essentiellement au transport des marchandises, d'autres, les bateaux-salons, sont réservés au service des voyageurs; d'autres enfin servent au transport des voyageurs et des marchandises. Outre quelques bateaux de construction ordinaire et ne dépassant pas des vitesses de 16 kilomètres à l'heure, on trouve sur les lacs de Zurich, des Quatre-Cantons et sur le lac Leman des bateaux-salons de construction élégante pouvant porter 1,200 voyageurs et plus et réalisant les vitesses considérables de 24 à 26 kilomètres à l'heure[1].

Aucun pays ne possède des voies et moyens de communication aussi variés que la Suisse; au point de vue de la construction des voies de transport, la ligne du chemin de fer du Gothard est un chef-d'œuvre de la science des ingénieurs et a été exécutée par des ingénieurs et entrepreneurs suisses.

La fabrique de locomotives et de machines de Winterthur occupe de 500 à 800 ouvriers à la construction de machines locomotives et autres pour le pays et pour l'étranger. La société industrielle suisse de Neuhausen emploie environ 500 ouvriers à la construction de wagons de chemin de fer et de voitures de tramways et produit par an 500 à 600 véhicules destinés à l'Espagne, l'Italie, la France et les pays d'outre-mer.

Les ateliers Escher Wyss et Cie, à Zurich, et Sulzer frères à Winterthur,

1. Les plus grands de ces bateaux-salons, type *Helvetia* du lac de Zurich, et *Mont-Blanc* du lac de Genève, ont les dimensions suivantes :

Longueur 64 mètres, largeur 7m,16, tirant d'eau à vide 1m,32, déplacement à ce tirant d'eau 280 tonneaux. Les machines Compound à cylindres inclinés développent 600 chevaux indiqués et sont alimentées de vapeur à 5k,5 par deux chaudières cylindriques à retour de flamme.

Le modèle le plus considérable de bateau qui existe en Suisse est le transbordeur qui fait le service entre le port bavarois de Lindau et le port suisse de Romanshorn sur le lac de Constance. Ce bateau construit en 1874 par la maison Escher Wyss et Cie, a 71m,50 de longueur à la flottaison, 73 mètres de longueur sur le pont, 11 mètres de largeur à l'intérieur et 18 mètres à l'extérieur des tambours, 3m,05 de creux et 1m,70 de tirant d'eau en charge. Il transporte de Lindau à Romanshorn 16 à 20 wagons chargés en 1 h. 30 minutes, avec une dépense de combustible de 600 kilogrammes. Les mêmes constructeurs exécutent en ce moment un nouveau matériel de transbordement qui devra servir dès l'ouverture prochaine du chemin de fer de l'Arlberg. A. M.

connus les uns et les autres dans le monde entier, construisent des bateaux à vapeur.

La première de ces maisons y occupe de 800 à 1,000 ouvriers, la seconde environ 1,800 dont une partie seulement travaille à cette branche. Les bateaux à vapeur sortis de ces ateliers sont pour la plupart destinés à l'étranger. La maison Escher Wyss et C[ie] a construit depuis sa fondation 350 bateaux à vapeur et machines marines.

Les ateliers du chemin de fer Central-Suisse, à Olten, Nord-est-Suisse, à Zurich, et Union-Suisse, à Rorschach, destinés essentiellement à la réparation du matériel roulant, construisent aussi des locomotives et des wagons qui, presque tous, sont mis en service sur les lignes des compagnies propriétaires[1].

Environ 2,000 ouvriers travaillent à la construction de moyens de transport pour les lignes de chemins de fer et de tramways de l'étranger; l'exploitation des lignes du pays et de la navigation à vapeur occupe environ 14,000 personnes, employés et ouvriers.

La construction des chemins de fer aux États-Unis. — L'année 1883 a été signalée par un mouvement important dans la construction des chemins de fer aux États-Unis. Il en a été fait environ 10,642 kilomètres, non compris les doubles voies et les voies de garage; ces chiffres sont approximatifs, mais probablement inférieurs aux chiffres réels. Ce sont les plus élevés qu'on ait eu à relever encore aux États-Unis, en dehors de la période exceptionnelle de 1880, 1881-82. Voici du reste les longueurs existantes et celles construites dans l'année pour les dix dernières années:

ANNÉES	LONGUEUR construite dans l'année	LONGUEUR TOTALE	ANNÉES	LONGUEUR construite dans l'année	LONGUEUR TOTALE
1874...	3384	116535	1879...	7600	139315
1875...	2756	119291	1880...	11550	150865
1876...	4366	123657	1881...	15750	166615
1877...	3672	127329	1882...	18660	185275
1878...	4386	131715	1883...	10642	195917

Comme nous l'avons dit déjà, les chiffres pour l'année 1883 ne sont pas définitifs. On peut donc dire que la longueur des chemins de fer existant

1. Les ateliers du Central à Olten ont depuis quelques années exécuté presque tout le matériel fixe et roulant des chemins de fer à crémaillère établis par M. Riggenbach non seulement en Suisse, mais encore en Portugal, au Brésil, etc. A. M.

aux États-Unis est actuellement de près de 200,000 kilomètres en nombre rond.

La construction de 10,600 kilomètres de chemins de fer dans une année implique l'addition de 33,000 ouvriers — une véritable armée — au personnel régulier des chemins de fer du pays. Elle représente, à 80,000 francs seulement par kilomètre, une dépense de 850 millions de francs. Dans ces chiffres ne sont pas compris les ouvriers, et les dépenses correspondant à la construction des nombreuses lignes non encore terminées, de sorte qu'ils sont loin, malgré leur importance, de donner une idée réelle de la situation de la construction des chemins de fer. Il est bon d'ajouter que les lignes en construction au Mexique et au Canada impliquent une importante intervention de capital et de travail de la part des États-Unis.

Si on fait la répartition des nouvelles lignes achevées en 1883 entre les divers États de l'Union, on trouve par ordre d'importance, pour le Montana 665 kilomètres (entièrement pour le Northern Pacific), pour le Dakota 658 kilomètres, pour le Michigan 653, l'État de New-York 604, la Pensylvanie 546, l'Ohio 524 et le Mississipi 491. La Pensylvanie occupe le premier rang pour le nombre des nouvelles lignes 23, puis viennent le Michigan et le Wisconsin avec 15 chacun, l'Ohio avec 14, le Dakota 12, l'Illinois 10. Les seuls États ou territoires pour lesquels on ne signale pas de changement dans la longueur des chemins de fer, sont le New-Hampshire, le Rhode-Island, le Connecticut, le Delaware, le Nevada et le Wyowing, soit six États sur 47.

De plus le Canada Pacific qui peut être considéré comme faisant partie du réseau continental américain, a vu sa longueur exploitée s'accroître de 1,127 kilomètres.

La construction des chemins de fer est des plus actives au Mexique et, comme les lignes nouvelles sont construites avec les capitaux américains et exploitées par un personnel américain, on peut les considérer comme étant, pour les États-Unis, presque aussi intéressantes que les lignes construites sur leur propre territoire.

Les tramways en Angleterre. — La longueur totale des tramways en exploitation dans le Royaume-Uni, c'est-à-dire Angleterre, Écosse et Irlande, était, d'après les rapports officiels, au 30 juin 1883, de 1,080 kilomètres. Les dépenses d'établissement s'élevaient à 243,750,000 francs, ce qui représente une moyenne de 225,000 francs par kilomètre. Dans ce prix est compris pour certaines lignes le matériel roulant, tandis que dans d'autres cas il appartient à des entreprises de traction ou d'exploitation. Les 141 lignes formant la longueur ci-dessus sont exploitées avec 20,122 chevaux, 117 machines-locomotives et 2,819 voitures.

Pendant l'exercice prenant fin au 30 juin de l'année dernière, il a été transporté 295,721,171 voyageurs, donnant lieu à une recette brute de 55,300,000 francs et à une dépense d'exploitation de 43,810,000 francs, ce qui donne par kilomètre une recette de 51,200 francs, une dépense de

40,600 et un produit net de 10,600 représentant 4,7 pour 100 des frais d'établissement. Ces chiffres ne sont, bien entendu, que des moyennes générales.

On voit qu'il y a 19 chevaux par kilomètre, et 7 chevaux par voiture, si on ne tient pas compte de la traction à vapeur. On trouve de plus 14,696 voyageurs par cheval et 104,902 voyageurs par voiture.

Préservation du fer par la peinture. — Le journal *Building News* donne les renseignements suivants sur des expériences faites sur divers endroits ayant pour objet la préservation du fer.

Il cite d'abord celles qui ont été faites par l'administration des chemins de fer de l'État néerlandais. Des plaques de tôle ont été préparées de la manière suivante : seize de ces tôles ont été décapées à l'acide chlorhydrique, puis lavées à l'eau chaude, séchées, et encore chaudes fortement huilées. Un nombre égal a été préparé par grattage et brossage pour mettre le métal à découvert. On a peint quatre plaques de chaque lot de la même manière, savoir : quatre avec du coaltar, quatre avec de l'oxyde de fer désigné par A, quatre avec de l'oxyde marqué B et quatre avec du minium. Toutes ces plaques ont été laissées à l'air pendant trois ans et on a après ce temps observé les résultats suivants :

Le coaltar avait entièrement disparu sur les plaques grattées et donné sur les plaques décapées des résultats inférieurs à ceux des autres peintures. L'oxyde de fer A avait moins réussi que les deux suivants sur les plaques grattées, mais il avait bien tenu sur les plaques décapées. L'oxyde B était meilleur que l'oxyde A, mais inférieur au minium ; c'est ce dernier qui a donné les meilleurs résultats sur les deux espèces de plaques.

On peut, de ces essais, conclure à la supériorité du décapage sur le grattage ; on voit aussi que le minium se combine à l'huile pour former un composé plus résistant que celui qui est formé par toute autre combinaison, et qui réunit l'adhérence aux surfaces, la cohésion et l'élasticité.

Sur le Cincinnati Southern Railroad, des expériences qui ont duré plusieurs années et faites sur plusieurs kilomètres de longueur de ponts métalliques ont prouvé que la peinture au minium était le meilleur moyen de préserver le fer. Les oxydes de fer sont lavés par la pluie et s'en vont par place, bien que cette matière donne un bon résultat si la peinture est fréquemment renouvelée. Le minium a, il est vrai, le désavantage d'être plus coûteux que l'oxyde de fer et d'être difficilement obtenu à l'état de pureté. On le falsifie souvent avec diverses matières telles que la brique pilée, le colcothar, etc.

Quant à ce qui est de la céruse, on ne doit jamais l'employer pour une première couche ; elle est en tout cas inférieure à l'oxyde de fer.

Les différentes espèces d'ocres peuvent donner de très bons résultats. L'oxyde de fer magnétique donne une peinture très solide sur le bois, il résiste à l'action de l'eau salée et des gaz sulfhydriques si nuisibles aux autres enduits. Il n'est pas douteux que l'agent préservatif le plus actif

dans la peinture est l'huile et, pour obtenir un bon effet, il faut éviter que la partie siccative ne devienne dure et cassante. On doit donc prendre des précautions spéciales dans la préparation des huiles à peinture pour leur conserver, contre l'oxygène de l'air, leurs propriétés élastiques.

Emploi des cartouches de chaux vive dans les houillères. — Un mémoire lu récemment devant la société géologique de Manchester donne d'intéressants détails sur l'application des cartouches de chaux vive faite par MM. Smith et Moore à leurs houillères de Sheplay, dans le comté de Derby, où l'emploi de la poudre avait été interdit à la suite d'une explosion désastreuse.

Le prix élevé de l'abatage à la main avait engagé ces propriétaires à essayer la chaux et cet essai a donné d'excellents résultats. On a obtenu une immunité absolue contre les chances d'explosion, une plus grande facilité pour les ouvriers qui ne sont plus obligés de se retirer pour se garer du tirage; une économie dans les boisages, parce que le toit n'est plus ébranlé par les coups de mine; une plus grande proportion de gros charbon et enfin la suppression des accidents causés par le travail de l'abatage à la main.

Les cartouches sont fabriquées avec du carbonate de chaux presque pur; la matière est comprimée à la presse hydraulique; les cylindres ont 62 millimètres de diamètre et leur longueur primitive de 175 millimètres est réduite à 115 sous l'action d'une pression de 40 tonnes appliquée simultanément aux deux extrémités. Les cartouches sont alors enveloppées dans du papier et prêtes à être employées.

Les trous qui doivent les recevoir sont percés avec une perforatrice portative; leur profondeur varie suivant la dureté du charbon, elle est en moyenne de 1 mètre et l'écartement des trous de $1^m,35$. Il faut de 15 à 20 minutes pour percer un trou. On place les cartouches au fond du trou, et on met par-dessus un tube portant six ouvertures, on fait le bourrage, puis on refoule de l'eau dans l'intérieur du trou au moyen d'une petite pompe à main. La production de la vapeur et l'expansion de la chaux se produisent presque aussitôt et le temps nécessaire pour l'abatage varie suivant la dureté de la houille et la disposition des lits de 15 à 45 minutes.

On avait d'abord dit que la chaleur dégagée par l'hydratation de la chaux était suffisante pour enflammer les gaz de la houille, mais des expériences spéciales faites pour élucider cette question ont prouvé qu'il n'en était pas ainsi.

Machine à vapeur à expansion continue. — M. J. Stewart, membre de la Société, lui a adressé une note sur une machine à vapeur à trois cylindres avec expansion continue, note que nous résumons ci-après.

L'orateur s'est proposé de réaliser un progrès sur la machine Compound, qui, d'après lui, laisse encore beaucoup à désirer, en supprimant les espaces

morts entre les deux cylindres, ce qui permet d'utiliser presque complètement la force de la vapeur d'après ses propres expressions.

Il décrit son système appliqué à une machine marine à trois cylindres et à condensation par surface.

Les trois cylindres sont égaux; ils ont des tiroirs ordinaires, mais le cylindre central a, au milieu de sa hauteur, des lumières latérales qui permettent à la vapeur de ce cylindre de passer dans les deux autres dès que le piston du premier cylindre a dépassé ces lumières. A ce moment le tiroir ferme l'arrivée de la vapeur de la chaudière, de sorte que la détente se produit à la fois dans les trois cylindres. Lorsque les pistons des cylindres latéraux sont arrivés à fin de course, les trois cylindres sont mis simultanément en communication avec le condenseur; il n'y a donc pas de contre-pression sensible derrière le piston du cylindre central.

En outre chacun des trois cylindres peut être mis à même de travailler au besoin comme machine ordinaire à condensation indépendante si on ferme les lumières du cylindre central par des obturateurs disposés à cet effet et si on ouvre certains passages amenant la vapeur directement aux tiroirs des cylindres extérieurs.

Les cylindres extérieurs ont leurs manivelles opposées et la manivelle du cylindre central est à angle droit avec les autres.

L'auteur revendique pour ce système les avantages suivants :

1° Les trois cylindres ayant leurs mécanismes balancés ou équilibrés entre eux, le mouvement est toujours régulier et uniforme;

2° Si on veut faire travailler la machine à basse pression, on peut transformer rapidement le système en un appareil à trois cylindres indépendants à basse pression;

3° En cas d'avarie à un ou à deux des mécanismes, on peut faire fonctionner d'une manière indépendante les ou le cylindre restant intact;

4° Avec ce système, l'énergie de la vapeur est employée 25 pour 100 moins de temps que dans les machines Compound ordinaires, et par suite la vapeur est moins exposée aux influences atmosphériques, avantage très important au point de vue de la dépense de combustible.

Nous avons cité textuellement les revendications de l'auteur. Nous croyons pouvoir nous borner à rappeler que ce système n'est que la reproduction, avec trois cylindres et quelques variantes de détail, du système, dit *à expansion continue*, proposé par Nicholson en 1852 et essayé alors sur deux machines locomotives, puis appliqué de nouveau vers 1870 sur quelques remorqueurs de la Tamise par MM. Stewart et Nicholson.

Ce système ne présente nullement l'avantage qu'on recherche dans les machines Compound, c'est-à-dire la réduction des différences des températures extrêmes dans chacun des cylindres. Il est d'ailleurs très loin d'être simple.

Quant à l'indépendance facultative des cylindres, elle peut être aussi bien obtenue avec les machines Compound ordinaires; il suffit de rappeler le modèle, exposé en 1878 à Paris par Penn, de la machine à trois cylindres

de l'aviso italien *Cristoforo Colombo*, machine pouvant à volonté fonctionner avec admission au cylindre central et détente dans les deux autres ou admission directe dans les trois cylindres.

M. Stewart a évidemment eu pour point de départ l'objectif de la suppression des espaces intermédiaires entre les cylindres, suppression qu'on peut réaliser plus simplement et qui, d'ailleurs, est loin d'avoir l'importance qu'on lui attribue souvent, si on a soin de recourir à quelques précautions élémentaires.

Détente adiabatique de la vapeur d'eau. — Notre collègue, M. P. Charpentier, a présenté à l'Académie des sciences, dans les séances des 19 mars 1883, 14 janvier et 18 février 1884, plusieurs notes sur la détente adiabatique de la vapeur d'eau, dont voici la substance.

L'auteur, tout en constatant que, dans les machines actuelles, à cause de l'intervention des parois des cylindres, la détente ne s'effectue pas adiabatiquement, n'en croit pas moins nécessaire d'étudier la question de la détente purement adiabatique, qui est la condition à laquelle on doit chercher à ramener le fonctionnement des machines.

Cette détente est accompagnée d'une condensation de vapeur correspondant au travail effectué par la détente.

Dans l'hypothèse de la vapeur sèche et saturée, v étant le volume occupé par un poids de vapeur $v\gamma_\tau$ aux températures et pressions initiales τ et p.

V, le volume après la détente adiabatique;

Ψ, le poids de vapeur après cette détente;

T. le travail externe produit par la détente.

En prenant, d'après Rankine, 1,135 pour la valeur de μ exposant de l'équation de la courbe adiabatique $p\,v^\mu = p_1\,v_1^\mu$, les valeurs successives de Ψ obtenues par une équation exprimant que la chaleur transformée en travail de détente est identiquement égale à la différence existant entre la chaleur possédée par le poids de vapeur $v\gamma_\tau$ au départ et la chaleur conservée par le mélange final $\Psi \times (v\gamma_\tau - \Psi)$, satisfont à très peu près, et quelles que soient les pressions à la relation.

$$\Psi = \frac{A\,p\,u_{\tau_1}}{A\,p\,u_\tau} v\,\gamma_\tau$$

Ce théorème peut s'énoncer ainsi : Dans la détente adiabatique de la vapeur d'eau sèche et saturée, le poids relatif de vapeur persistant à chaque instant est donné par le rapport qui existe entre la chaleur latente externe finale et la chaleur latente externe initiale.

L'auteur ajoute que les valeurs de μ ne sont pas constantes et qu'il n'est pas permis de lui assigner une moyenne pratique, telle que le nombre 1,135, tout au moins tant que l'on persistera à adopter une valeur constante pour le coefficient de dilatation. Il trouve que la valeur de μ varie de 1,31569 pour des pressions initiales de 10 atmosphères à 1,00 vers 1 atmo-

sphère. On ne saurait donc, au point de vue théorique, prendre pour μ une valeur moyenne.

Dans la détente adiabatique de la vapeur d'eau sèche et saturée, le travail total externe peut se décomposer en deux parties, l'une correspondante à la chaleur disparue par suite de la détente du poids de vapeur $v\gamma_\tau$, l'autre correspondante à la chaleur latente abandonnée par le poids de vapeur $v\gamma_\tau - \Upsilon$ condensé pendant la durée du phénomène.

L'auteur calcule les valeurs de ces deux parties du calorique dans les diverses hypothèses de pressions initiale et finale et montre l'importance de la seconde qui serait la chaleur réellement récupérée sur la perte ρ correspondant au refroidissement par le condenseur, si la détente était rigoureusement adiabatique.

Dans les machines actuelles, cette quantité de chaleur ne peut être transformée, même partiellement en travail utile externe, car elle est communiquée aux parois du cylindre qu'elle réchauffe; elle est uniquement employée à combattre en partie l'influence si néfaste du refroidissement, conséquence de la communication avec le condenseur pendant la période de l'échappement.

Pour le moment, tous les efforts des praticiens doivent tendre à réaliser, dans les cylindres des machines, des détentes aussi complètement adiabatiques que possible, jusqu'à ce qu'on puisse modifier entièrement le cycle.

Les conclusions de notre collègue sont parfaitement justes. On sait, d'ailleurs, que les grands progrès réalisés par les machines Compound sont principalement fondés sur la réduction de la perte par le refroidissement dû au condenseur, opérée par la diminution des chutes de température dans les cylindres. On a aussi fait quelques tentatives pour réaliser plus directement l'adiabatisme par la modification de la nature des parois des cylindres, emploi du plomb, porcelaine, verre, mais on n'a pas obtenu jusqu'ici de résultats sérieux dans cette voie.

Jusqu'à quel point, d'ailleurs, pourrait-on y réussir? Un obstacle sur lequel il faut malheureusement compter et qu'on ne peut guère espérer vaincre, c'est la nécessité de se servir dans la construction des machines d'éléments matériels et possédant, par conséquent, les propriétés de la matière, au lieu de substances auxquelles on peut à volonté prêter les qualités qu'on désire, conductibilité parfaite, capacité calorifique nulle, etc., suivant les besoins. Il ne faut d'ailleurs pas perdre de vue les exigences du fonctionnement pratique des machines, températures modérées permettant la lubrification des pièces en mouvement, conservation des surfaces en contact, réduction des frottements, etc.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

DÉCEMBRE 1883.

Séance générale du 28 décembre 1883.

État financier de la société. — Rapports de M. LEGRAND, président de la Commission des fonds, et de M. le général MENGIN-LECREULX, censeur.

Distribution des récompenses.

JANVIER 1884.

Liste des membres titulaires et des membres honoraires du conseil d'administration.

Rapport de M. Ed. SIMON, sur **le dévidoir** de M. L. OLIVIER.

L'enroulage des fils ou tissus s'opère généralement au moyen de deux cylindres tangents, l'un servant de moteur, et l'autre entraîné par contact. Le principe du dévidoir dont il est ici question consiste à inscrire le nombre de tours du tambour d'entraînement dont la circonférence est invariable, ce qui a pour effet de ne plus donner d'indications fausses comme lorsque l'on note le nombre de tours du tambour d'enroulement dont le diamètre varie constamment avec le nombre des couches superposées ou déroulées.

Cet appareil sert principalement à l'échantillonnage des fils et comporte à cet effet des détails ingénieux pour la description desquels nous renvoyons au rapport de M. Simon.

Rapport de M. BARDY sur le **réverbère de sûreté**, de M. LECHIEN.

Nous avons indiqué dans les comptes rendus de décembre 1883, p. 743, le principe de cet appareil qui consiste à séparer la flamme de l'air ambiant et à faire brûler le combustible dans un espace complètement clos qui, par une canalisation spéciale, se trouve alimenté d'air pur venant de l'extérieur des bâtiments. Depuis cette époque, un certain nombre d'établissements, en Belgique, en France et en Italie, ont adopté ce mode d'éclairage.

Rapport de M. JUNGFLEISCH, sur le prix mis en concours par la Société

d'Encouragement, pour la **conservation** pendant un mois au moins, **des viandes crues, du gibier et du poisson, par un procédé nouveau et d'une exécution facile.**

Le rapport propose de décerner le prix à MM. Mignon et Rouart, qui emploient le froid comme agent de conservation, mais sans intervention de machines frigorifiques, qui présentent des causes de dérangement ou des complications inadmissibles dans certains cas. Le procédé consiste à refroidir les substances à conserver jusque vers 20 degrés et à les enfermer dans une enceinte capable d'empêcher leur réchauffement, ou tout au moins de les maintenir à quelques degrés au dessous de zéro pendant toute la durée du transport; dans ce but l'enceinte est isolée avec soin et garnie abondamment de matière capable d'absorber du calorique, matière qui est un mélange de glace et de sel.

Il a été fait diverses expériences qui établissent l'efficacité de ce système de conservation.

Discours prononcé sur la tombe de M. Breguet, par M. l'amiral Clouet, vice-président du bureau des longitudes.

Notice sur les travaux de M. Lawrence Smith, correspondant de la Société, par M. F. Le Blanc.

Touage par chaîne sans fin, par M. Zedé, directeur des constructions navales, en retraite.

Cette communication, à laquelle est jointe la note de M. Dupuy de Lôme, dont nous avons donné le résumé dans la Chronique de décembre 1883, page 733, est précédée d'un exposé de M. de Freminville sur la théorie du touage sur chaîne noyée et sur chaîne sans fin.

La communication de M. Zedé contient, en dehors des faits que nous avons fait connaître déjà et auxquels nous avons joint le compte rendu des essais faits sur le même sujet, en 1860, par M. Reynaud, de Cette, l'exposé d'un avant-projet de toueur à chaîne sans fin pour le Rhône.

Cet avant-projet répond au programme suivant :

Construire des remorqueurs pouvant toujours remonter un train portant 500 tonnes de marchandises sans être arrêté, ni par les basses, ni par les hautes eaux.

Ces conditions correspondent à un bateau de 70 mètres de longueur, $6^m,60$ de largeur et $0^m,80$ de tirant d'eau.

Les chaînes latérales pesant 150 kilog. par mètre courant seraient actionnées chacune par une machine de 130 chevaux indiqués. On pourrait obtenir 10,000 kilogrammes d'adhérence sur le sol et remonter en charge à la vitesse de 6 kilomètres à l'heure.

La descente s'opérerait par des hélices indépendantes de $2^m,70$ de diamètre et 3 mètres de pas actionnées par des machines de 130 chevaux indiqués.

Des chaudières cylindriques timbrées à 7 kilogrammes, ayant 3,75 mètres carrés de grille et 100 mètres carrés de chauffe avec combustion forcée par chambre de chauffe close, fourniraient la vapeur aux machines.

En principe on n'emploierait à la descente que les hélices et à la remonte que les chaînes, sauf à faire fonctionner exceptionnellement les deux espèces de propulseurs simultanément pour franchir certains rapides. Il est permis de critiquer, pour des puissances aussi considérables, l'emploi de deux moteurs séparés que ces cas exceptionnels ne semblent pas devoir justifier et de rappeler à ce propos que les toueurs de la Compagnie du touage de Conflans à la mer sont propulsés de même, tantôt par la chaîne, tantôt par des hélices, mais toujours au moyen du même appareil moteur, système que vingt ans de service doivent faire considérer comme suffisamment pratique.

M. Zedé compte que son toueur pourrait faire dans une année quarante voyages doubles et remonter 20,000 tonnes de marchandises et 80 bateaux vides et remorquer 15,000 tonnes à la descente. Il admet avec le tarif de 2 centimes à la remonte et 1 centime à la descente un bénéfice net qui ne serait pas inférieur à 20 pour 100 du capital engagé.

Les avantages seraient, toujours d'après l'auteur, bien plus considérables sur des fleuves à courant plus faible et encore plus sur les canaux. Il est intéressant de rapprocher ces évaluations de celles que donne notre collègue M. Moreaux dans son ouvrage sur la navigation du Rhône dont nous avons donné un résumé dans la Chronique d'avril 1883, page 574. Sans vouloir le moins du monde exprimer ici une opinion, nous ne saurions trop rappeler combien les questions de navigation sont délicates et combien de fois, depuis quelques années surtout, on a vu la pratique se refuser à sanctionner définitivement des expériences dont les résultats semblaient promettre une solution avantageuse.

Sur le **pyromètre** de MM. Boulier frères, par M. Lauth, administrateur de la manufacture de Sèvres.

Ce pyromètre est basé sur l'observation thermométrique de la température que prend un courant d'eau rapide circulant dans le milieu à observer.

L'appareil comprend trois parties : l'explorateur, le réservoir et l'interrupteur.

L'explorateur est un petit cylindre en cuivre très mince en communication avec un réservoir d'eau d'une part et un thermomètre de l'autre.

L'interrupteur se compose d'une petite balance en équilibre tant que le courant fonctionne et qui à la moindre interruption dans la circulation met en mouvement une sonnerie électrique et peut, au besoin, par un électro-aimant, couper l'arrivée de l'eau.

L'explorateur est introduit dans le four ou le moufle dont on veut mesurer la température; l'eau circule et s'échauffe, le thermomètre marque les variations de température.

Actuellement cet appareil ne donne guère que des indications sur l'éléva-

tion ou la diminution de la température du milieu où il est installé et peut servir d'instrument de contrôle. On ne peut pas encore juger de la valeur absolue de ses indications et M. Lauth se propose de faire de cette question l'objet d'une note ultérieure.

Statistique minérale de la Grande-Bretagne et de la France, par M. A. Blavier.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 3 NOVEMBRE 1883.

Communication de M. BRUSTLEIN, sur la **régénération des gaz des hauts fourneaux.**

M. de Ehrenwerth, professeur à l'École des Mines de Leoben, a cherché à utiliser pour régénérer les gaz des hauts fourneaux la réaction bien connue qui consiste à faire passer un courant d'acide carbonique sur du charbon chauffé au rouge pour obtenir de l'oxyde de carbone.

Les gaz des hauts fourneaux sont assez peu combustibles, à cause de la forte proportion d'acide carbonique qu'ils contiennent; il y aurait donc intérêt à les transformer en entier en oxyde de carbone.

On emploierait pour la régénération une sorte de cubilot à fonctionnement continu, où le combustible se chargerait par le haut; les gaz du haut fourneau circulent autour de l'appareil pour utiliser la chaleur perdue par les parois, puis ils pénètrent par le bas, traversent la couche de combustible et sortent par la partie supérieure.

DISTRICT DE BOURGOGNE, SÉANCE DU 20 OCTOBRE 1883, A MONTCHANIN.

Communication de M. BUSQUET sur la **préparation mécanique des charbons aux mines de Decize.**

Les charbons des mines de Decize étant barrés de schistes dont le triage est impossible dans la mine, il faut, pour les rendre acceptables pour le commerce, les trier soigneusement et laver tous les menus.

La nouvelle installation a été faite pour réunir les conditions suivantes:

1° Trier une extraction annuelle de 250,000 tonnes en trois grosseurs déterminées par des cribles à trous variant de 2 1/2 à 4 1/2 centimètres;

2° Briser aussi peu que possible un charbon déjà friable;

3° Réduire au minimum la main-d'œuvre;

Éviter les appareils compliqués et d'un entretien coûteux.

Le transport des charbons s'opère depuis la mine par des wagons de 25 hectolitres refoulés par des locomotives jusqu'à la partie supérieure de l'atelier sur une rampe. Ces wagons sont vidés dans des trémies, le criblage et le triage se font dans des cribles à secousses et des tables de triage en vieux cables d'extraction, les matières étrangères sont enlevées par des chaînes sans fin. Les menus sont transportés sur des toiles sans fin en aloès de 0m,76 de largeur, marchant à 0m,30 de vitesse par seconde et débitant au maximum 600 hectolitres chacune à l'heure.

Les mâchefers séparés au triage contiennent une certaine proportion de bonne houille qui est triée à part par des ouvrières.

L'atelier de lavage comprend 7 lavoirs à menu et 2 à grelasse; ce sont des bacs à retour d'eau avec enlèvement automatique des produits par chaînes à godets.

Les produits lavés sont rechargés dans les wagons mêmes qui ont apporté les charbons, mais au plan inférieur.

Le prix de revient ressort à 0f,346 par tonne de charbon brut criblé et à 0f,141 par tonne de charbon brut passé au lavage.

Le lavage réduit de moitié la teneur en cendres des menus.

Communication de M. Aymard sur l'**utilisation des matières volatiles produites dans la carbonisation de la houille.**

On emploie actuellement en Angleterre pour recueillir les matières azotées contenues dans la houille deux appareils, l'appareil Carves et l'appareil Jameson.

Le premier est déjà appliqué en France, mais le second est moins connu. Son principe est de produire la distillation par la combustion partielle du coke dans le four lui-même, qui est un four à ruche ordinaire. Le chargement, l'allumage et l'épuration se font comme d'habitude. Le premier effet de la chaleur est de provoquer dans la partie supérieure et dans la partie inférieure de la charge un dégagement de gaz et un affaissement de la charge, ces gaz sont aspirés par le centre de la sole qui est percé d'une ouverture; on évite ainsi le boursouflement du coke et on obtient un produit plus dense.

Le gaz étant, d'après M. Jameson, un combustible peu avantageux, on le recueille au lieu de le bruler; on pourrait d'ailleurs, au besoin, si on n'en avait pas l'emploi, le faire repasser sur du coke déjà formé pour faire du nouveau coke et ne recueillir que l'hydrogène.

M. Jameson obtient, avec des condenseurs imparfaits, par tonne de charbon une quantité d'ammoniaque correspondant à 8 kilog. de sulfate et 42 litres d'hydrocarbure

Communication de M. Mathet sur l'**éclairage électrique au puits du Magny.**

Cet éclairage par incandescence, système Édison, a donné de très bons résultats. La dépense s'est élevée en fourniture et pose à 5,380 francs en nombre rond.

Le fournisseur garantit les lampes pour une durée de 800 heures, laquelle a été dépassée et peut être évaluée en moyenne à 1,200.

La lampe coûte 7 fr. 50, ce qui met le prix de l'éclairage, comme renouvellement, à $0^{f},0062$ par heure et par lampe. En comptant la force motrice, on trouve $0^{f},031$ par lampe et par heure, ce qui est à peu près le triple du prix de la lampe de sûreté, lequel est de 0,0117; mais la lampe Édison donne 30 fois plus de lumière, de sorte que l'unité ne coûterait que le dixième avec la lampe Édison.

Communication de M. Poizot sur le **mode d'exploitation des mines de fer de Mazenay.**

Cette exploitation qui a lieu dans des couches ayant de $0^{m},60$ à 1 mètre d'épaisseur se fait depuis 1881 par grandes tailles, ce qui donne les avantages suivants :

1° Beaucoup moins de fatigue aux mineurs, par suite de la suppression d'une grande partie du lavage;

2° Moins de perte de minerai, celui-ci étant mieux ramassé depuis que les mineurs sont payés à la tonne;

3° Aérage excellent et suppression de la fumée;

4° Travail beaucoup moins dangereux que dans des chantiers en dépilage;

5° Économie des frais de poudre;

6° Surveillance beaucoup plus facile que dans les traçages et même dans les dépilages, attendu que les ouvriers sont bien plus près les uns des autres.

Communication de M. Graillot sur le **transport de force par l'électricité** de Sainte-Élisabeth à la pompe de la Sorme.

La force motrice est prise sur la machine du ventilateur Sainte-Élisabeth, laquelle marche à 60 tours et donne à la machine Gramme génératrice une vitesse de 1,600 tours.

La machine Gramme réceptrice est située sur le bord de la Sorme à 775 mètres de distance; elle actionne une pompe rotative qui refoule l'eau à 290 mètres de distance et 20 mètres de hauteur. La quantité refoulée est de 1 1/2 litres par seconde.

Le travail est ainsi de 30 kilogrammètres en élévation, à quoi il faut ajouter 6 mètres pour la perte de charge dans un tuyau de 50 millimètres, total 39 kilogrammètres.

Si le rendement de la pompe rotative est de 50 pour 100, la machine Gramme réceptrice doit donner à peu près un cheval.

Il n'a pas été possible de déterminer le travail de la machine génératrice et par conséquent le rendement de la transmission électrique.

Les câbles de transmission sont portés par des poteaux télégraphiques. Le fil d'aller est composé de 7 fils de cuivre de 1,1 de diamètre, enveloppés de toile goudronnée et de caoutchouc. Le fil de retour est un simple cordeau de sonnette composé de 3 torons de 4 fils n° 12, diamètre 1,8, donnant une section de 30 millimètres carrés; il n'est pas enveloppé et, malgré sa simplicité, ce procédé n'est pas recommandable, parce qu'on a une perte de courant par l'humidité.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 1er DÉCEMBRE 1883.

RAPPORT DE LA COMMISSION NOMMÉE POUR ÉTUDIER LA POUDRE DES MINEURS.

Après avoir fait une série d'expériences comparatives avec de la dynamite n° 1 dans le rocher, et des essais sur des cylindres en plomb et des canons de fusils, la Commission est arrivée aux conclusions suivantes :

1° La poudre des mineurs paraît devoir se fabriquer sans danger, de la façon la plus simple, puisqu'il suffit d'ajouter du son à une dissolution de chlorate de potasse et de laisser sécher; les poids de son et de chlorate sont égaux;

2° Son transport doit pouvoir s'effectuer sans difficulté puisqu'on ne parvient que très difficilement à en faire éclater quelques parcelles sur une enclume;

3° La force de cette poudre est sensiblement égale à celle de la dynamite numéro 1;

4° Les gaz qui se produisent au moment de son explosion sont probablement beaucoup moins dangereux que ceux produits par les autres explosifs;

5° On peut la comprimer énergiquement avec des bourroirs ne donnant pas d'étincelles sans courir de dangers.

Tréfilerie des fils d'acier aux aciéries de Firminy. — On essaye actuellement à Firminy la fabrication des fils d'acier destinés à faire des cordes de pianos, fabrication qui ne se fait encore qu'à l'étranger dans quatre établissements dont un en Angleterre, un en Autriche et deux en Allemagne.

Ces fils doivent avoir la résistance énorme à la rupture de 200 kilogrammes par millimètre carré de section.

M. Évrard présente à la réunion un fil tréfilé à un diamètre de 7/10 de millimètre et dont la résistance à la rupture est de 296 kilog. par millimètre carré; ce fil a subi 153 flexions avant de se rompre.

Communication de M. le docteur Dujol, médecin chirurgien des mines de la Loire sur un **appareil pour le transport des blessés dans les mines.**

DISTRICT DU SUD-EST.

Séance du 6 *Janvier* 1884.

Communication de M. Bessard sur les **les lampes de sûreté.**

Le district de Saint-Étienne avait chargé une commission d'étudier la lampe Mueseler au point de vue des faits signalés par M. Marsaut.

Les résultats ont été un peu différents de ceux obtenus par la Commission du Gard, en ce que la première n'a pas obtenu des explosions extérieures avec la lampe Mueseler dans les proportions signalées par la seconde commission, ce qui a été attribué à la différence de la nature des gaz et peut-être aussi à quelques légers défauts dans les lampes soumises aux épreuves.

Le rapporteur pense que la différence des résultats peut tenir à la manière dont les essais ont été faits et que d'ailleurs elle est plus apparente que réelle puisque la conclusion de la commission de Saint-Étienne est que la lampe Mueseler est assez sûre, mais qu'on peut chercher à la rendre plus sure encore. Or, c'est ce qu'a fait M. Marsaut, puisque sa lampe n'a pu être mise en défaut.

Communication de M. Famat sur une **nouvelle lampe de sûreté.** — L'idée première qui a présidé à l'étude de cette lampe a été de construire une lampe de sûreté où le grisou serait brûlé au fur et à mesure de son introduction, l'air nécessaire à la combustion arrivant par le bas et les fumées étant évacuées par une cheminée.

La question était de trouver un moyen sûr d'empêcher la communication de la flamme au dehors par les orifices d'entrée d'air et de sortie des fumées.

On s'est servi pour cela de toiles métalliques, mais le volume intérieur était trop grand, il se produisait des détonations; pour y obvier, il fallait ou réduire le volume de la lampe, ou interposer des obstacles s'opposant au passage des flammes. Le second moyen a donné le meilleur résultat, et il a été, à la suite de ces tâtonnements, construit une lampe définitive, laquelle, soumise à des essais nombreux, s'est toujours bien comportée, à la condition de maintenir toujours une flamme blanche de 15 à 25 millimètres de hauteur, condition avec laquelle d'ailleurs tous les mineurs sont familiers.

Communication de M. Zyromski sur le **fer ou acier.** — L'auteur énumère les divers moyens proposés pour distinguer le fer de l'acier, ou mieux les produits ferreux affinés des produits fondus.

Il pense qu'en dehors de ces moyens fondés sur des propriétés physiques et chimiques, on pourrait joindre un autre procédé d'investigation tiré de la proportion et de la nature des gaz renfermés dans les produits

ferreux, en utilisant les recherches faites depuis longtemps par les chimistes français et depuis peu par M. Muller.

Le principe du procédé serait par exemple de chauffer l'échantillon douteux dans un tube de porcelaine vernissé et de recueillir les gaz dégagés, méthode d'ailleurs déjà employée par Graham dans ses recherches sur l'absorption et la condensation du gaz par tous les métaux.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 2 FÉVRIER 1884.

Communication de M. FERLAT sur la **traction mécanique par chaîne flottante des mines de Bleido.**

C'est un compte rendu de la communication faite par M. Brüll à la séance du 2 novembre 1883 de la Société des Ingénieurs civils.

Communication de M. BRUSTLEIN sur l'**aciérie Bessemer de Avesta (Suède)**. Cette aciérie, située près de Fahlun, traite dans ses hauts fourneaux au charbon de bois des minerais du Norberg, qui rendent 50 pour 100 en fonte et ne sont pas classés parmi les plus purs. Chaque fourneau produit par jour 11 à 12 tonnes de fonte grise, avec deux tiers de mètre cube de charbon de bois tendre par tonne. La fonte coule directement dans les convertisseurs; ces derniers ont une forme particulière, ils n'ont qu'un seul tourillon, le fond mobile est appliqué et maintenu par une seule vis comme le tampon d'une cornue à gaz; les dimensions sont 1 mètre de diamètre et $1^m,30$ à $1^m,40$ de hauteur; les charges varient de 150 à 750 kilog.; on fait de 23 à 30 charges par 24 heures. Toute l'installation Bessemer, y compris les cornues de rechange et les lingotières, ne représente certainement pas une dépense de 15,000 fr.; avec ces faibles dimensions, toutes les manœuvres se font à bras.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

N° 5. — 2 *février* 1884.

Expériences sur la locomotive sans foyer, avec condenseur à soude de Honigmann, par F. Gutermuth (*suite*).

Porosité et pesanteur spécifique du coke.

Embrayage à friction de Weston.

Groupe du Rhin central. — Construction du pont de l'East-River, à New-York.

Groupe de Saxe-Anhalt.

Patentes.

Bibliographie. — Construction des machines marines, par C. Busley, ingénieur de la marine impériale allemande.

Correspondance. — Production de l'électricité par les courroies de transmission.

N° 6. — 9 *février* 1884.

Expériences sur la locomotive sans foyer, avec condenseur à soude de Honigmann, par F. Gutermuth (*suite et fin*).

Machines-outils modernes, par J. Richards (reproduit de l'*Engineering*).

Mines. — Emploi de l'électricité dans les houillères. — Exploitation du manganèse dans le Caucase. — Méthode d'abatage dans l'exploitation des mines. — Forages avec une machine à pression d'eau de Kley.

Groupe de Hanovre. — Appareils fumivores pour chaudières.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Construction du pont de l'East-River, à New-York.

Groupe de la Rühr. — Excursion à Ruhrort, Meiderich, Laar.

Patentes.

Bibliographie. — Rapport sur les établissements d'enseignement technique de Berlin, par la commission d'inspection. — Recherches sur l'histoire de l'enseignement de la mécanique théorique et ses relations avec les sciences mathématiques, par le professeur docteur Rühlmann.

N° 7. — 16 *février* 1884.

Nouvelle machine à faire le froid, par R. Schöttler.

Chaudières à carneaux ondulés, par R. R. Werner.

Fonctionnement des pulsomètres, par W. Rodler.

Groupe du Bas-Rhin. — Procédés d'inoxydation. — Procédé de nettoyage des chaudières de Stollwerk.

Groupe de la Rühr. — La synthèse en chimie organique.

Groupe de Wurtemberg.

Patentes.

Bibliographie. — Percement des tunnels de G. Haupt. — Annuaire de l'électro-technique de Upperborn et Rohrbeck.

Correspondance. — Fours à coke avec appareils à recueillir le goudron et l'ammoniaque.—Production d'électricité par les courroies de transmission.

N° 8. — 23 *février* 1884.

Avenir du transport électrique de la force dans les mines, par W. Schulz.

Emploi et effet utile du chauffage au gaz dans l'industrie du fer.

Machines à travailler le bois.

Ponts, — Expériences avec un appareil pour mesurer la dilatation. — Ponts en Perse. — Chute d'un pont à Rykon-Zell.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — État actuel de l'industrie des hauts fourneaux en Allemagne.

Groupe de Hanovre.

Patentes.

Bibliographie. — Statistique des distributions d'eau des villes de l'empire d'Allemagne ayant plus de 5,000 habitants, par Grahn. — Le calcul graphique et la statique graphique, par K. von Ott.

N° 9. — 1er *Mars* 1884.

Comparaison des systèmes les plus connus de construction de voies de chemins de fer, par Max Alverdes.

Avenir du transport électrique de la force dans les mines (*fin*), par W. Schulz.

Machine Compound à distribution Colmann.

Groupe de Bavière.

Groupe de Hesse. — Filature et tissage de jute de Rothenditwold.

Groupe de Cologne. — Éclairage par l'électricité. — Défense de la ville de Cologne contre les inondations.

Groupe de Poméranie. — Explosion de la chaudière du vapeur *Secunda.*

Patentes.

Correspondance. — Régénération des gaz des hauts fourneaux.

N° 10. — 8 *mars* 1884.

Méthode de calcul graphique pour les machines à détente en cylindres successifs, par M. Schröter.

Inspection et surveillance des chaudières et machines à vapeur.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Utilisation de l'acide chlorhydrique. — Extraction de l'acide phosphorique des laitiers provenant du procédé Thomas et Gilchrist.

Groupe de Berlin.

Groupe de Manheim.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Régulateur d'alimentation de Wagner. — Fonçage des puits dans les terrains mouvants, système Poetsch.

Patentes.

Correspondance. — Pulsomètre.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. MALLET.

Paris. — Impr. E. CAPIOMONT et V. RENAULT, rue des Poitevins, 6.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AVRIL 1884

N° 4

Pendant le mois d'avril la Société a traité les questions suivantes :

1° *Gisements aurifères du district d'Ouro-Preto, province de Minas-Geraes (Brésil)*, par M. Monchot (séance du 4 avril, pages 405 et 461).

2° *Traversée des Alpes par le Grand Saint-Bernard (col Ferret)*, par M. le baron de Vautheleret (séance du 4 avril, pages 405 et 434).

3. *Décès* de M. J.-B. Dumas (séance du 18 avril, page 408).

4° *L'industrie des Mines devant le Parlement* (discussion du Mémoire de M. Couriot sur) (voir le Mémoire, *Bulletin* de mars, page 333 et séance du 18 avril, page 409).

5° *Magnésie au point de vue de l'épuration préalable des eaux de générateurs à vapeur* (Communication de M. Chancerel sur la); (séance du 18 avril, page 442).

Pendant le mois d'avril la Société a reçu :

De M. Max Lyon, membre de la Société, un exemplaire d'une *Étude financière et économique sur le Brésil.*

De M. Witz aîné, ingénieur, un exemplaire de son Étude sur les *Moteurs à gaz Termant.*

De M. Fernand Maurice, un exemplaire de son Mémoire sur le *Havre et l'endiguement de la rade.*

De M. Bandsept, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur l'*Éclairage intensif par le gaz. Phénomènes qui accompagnent la production de la lumière.*

De M. Hirn, un exemplaire du résumé des *Observations météorologiques faites pendant l'année* 1883 *sur quatre points du Haut-Rhin et des Vosges*, et un exemplaire de son Mémoire sur son *Actionomètre totaliseur absolu.*

De M. le baron de Vautheleret, membre de la Société, un exemplaire de son mémoire sur le *Grand Saint-Bernard, trajet direct de Londres à Brindisi*, et un exemplaire de son mémoire sur le *Chemin de fer de Cuneo-Nice par Ventimiglia et le col de Tende.*

De M. Marc Édouard, un exemplaire de son étude sur les *Travaux publics chez les anciens et chez les modernes — le Viaduc du val Saint-Léger.*

De MM. Janet et Bergeron, membres de la Société, un exemplaire de leur *Excursions géologiques aux environs de Beauvais.*

De M. Charles Thirion, membre de la Société, un exemplaire de son *Analyse et Commentaire*, *Texte de la loi*, *Règlements de la nouvelle législation anglaise sur les patentes d'invention*, *les marques et les dessins de fabrique.*

De M. Poillon, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur l'*Installation de pompes ou appareils élévatoires entre deux biefs d'aspiration et de refoulement à niveaux variables*, *application d'une pompe Greindl de* 60 *mètres cubes par minute.*

De M. Chapman, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure intitulée : *Public hydraulic Power* et un exemplaire d'une brochure intitulée : *Memorial Edition of the life of Buhard Trevithck.*

De M. Hourier, membre de la Société, une *Etude sur la production nationale au point de vue des éléments du prix de revient.*

De M. Berruyer, membre de la Société, une note sur l'*Application de l'acier coulé.*

De M. Deharme, membre de la Société, un mémoire sur les *Magasins généraux de la Seine à Bercy-Conflans.*

De M. Armengaud aîné, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure sur la *Meunerie et la boulangerie.*

De M. Lamort, membre de la Société un exemplaire d'une brochure sur la *Représentation algébrique des mosaïques géométriques*, par M. Ch.-Fr. Mersch.

De M. Brichaut, membre de la Société, un exemplaire de brochures sur les *Collections numismatiques suédoises*, sur la description de la *Collection de J.-F.-H. Oldenbourg*, sur *Milne-Edwards et Pasteur*, sur la *Statue de la liberté éclairant le monde.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM. Chouanard,	présenté par MM.	Carimantrand, Mallet et Marché.
Fumet	—	Carimantrand, Mallet et Moreau.
Guéroult	—	Brull, Gaget et Maréchal.
Lallemand	—	Guidoux, Leroux et Montupet.
Muller	—	Desruelles, Dumont et L. Martin.
Pauwels	—	Flament, Herscher et Lemoine Émile.
Thiré	—	Baclé, Génissieu et Portevin.
Touchet	—	Bourdon, Ch. Mesnard et Raffard.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AVRIL 1884

Séance du 4 Avril 1884.

PRÉSIDENCE DE M. Louis MARTIN.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 21 mars est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce le décès de M. Courtès-Lapeyra.

M. Léon DRU remet, de la part de M. Habets, membre de la Société, un exemplaire de son *Cours de topographie*. Cet ouvrage emprunte à la compétence de l'auteur un intérêt tout particulier : on y trouve une description des procédés de topographie allemande généralement peu connus en France. Divers chapitres sont consacrés à la planimétrie, à l'hypsométrie, aux meilleures méthodes pour les tracés de chemins de fer et à un exposé très complet sur le lever des plans de mine.

M. Habets, professeur à l'Université de Liège, a déjà fait paraître plus de trente publications sur la métallurgie, l'exploitation des mines, la géologie, etc., etc. Son savoir n'a d'égal que l'énergie et la persévérance qu'il apporte à l'étude des sciences. A l'Exposition universelle de 1878, M. Habets a été à peu près le seul parmi les secrétaires du jury, à produire un mémoire des plus complets sur l'industrie minière.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que la Société a désigné, dans la dernière séance, MM. Trélat et Herscher comme délégués à l'Exposition internationale d'hygiène de Londres; il propose aujourd'hui d'adjoindre à nos collègues M. Blaise, qui est d'ailleurs inspecteur du travail des enfants dans les manufactures et nous est recommandé par M. de Comberousse.

Sur la demande de M. le Président, M. Blaise est désigné comme troisième délégué à l'exposition de Londres.

M. le Président dit que M. Chancerel a fait connaître son intention de présenter quelques observations au sujet de la communication de M. Couriot, mais ce dernier n'ayant pu assister à la séance de ce jour, M. le Président pense qu'il convient de remettre à la prochaine séance la discussion qui pourra s'ouvrir à ce sujet.

M. Monchot donne communication de son étude sur les gisements aurifères du district d'Ouro-Preto (Voir le Mémoire, page 461).

M. Brüll demande si M. Monchot pourrait citer quelques chiffres relatifs au rendement des matières traitées dans les mines dont il a parlé.

M. Monchot répond que le rendement est assez variable, mais qu'il peut néanmoins donner quelques chiffres. La principale mine a fourni, comme moyenne à peu près régulière depuis une trentaine d'années une teneur de 60 à 70 francs, bien qu'elle soit montée par exception à 100 et 110 francs; mais aujourd'hui la teneur diminue; cette mine a donné jusqu'à 30 et 35 pour 100 de dividende.

M. Monchot a exploré également d'autres mines, dont le rendement descend à 35 francs et monte jusqu'à 110 francs, c'est une moyenne de 70 francs environ; il estime que 35 francs est le minimum pour payer les frais d'exploitation et trouver même un léger bénéfice, dans des conditions moyennes, et avec une direction bien comprise. En certains points, on a trouvé des teneurs allant jusqu'à 200 francs, mais ce chiffre est local et ne peut s'appliquer à l'ensemble d'une exploitation. En résumé, la teneur de 60 à 70 francs peut être considérée comme une moyenne.

M. le Président remercie M. Monchot de son intéressante communication.

M. de Vautheleret donne communication de son étude sur une nouvelle percée des Alpes par le Grand Saint-Bernard (col Ferret) (Voir le Mémoire, page 434).

M. William Huber désire présenter au sujet de la communication qui vient d'être développée, quelques observations. M. de Vautheleret s'est appuyé, dans le cours de cette communication, sur la carte d'ensemble qui se trouve devant nos yeux; M. Huber aurait désiré voir les plans de détails des études, afin de se rendre mieux compte du projet de notre collègue; M. Huber rappelle qu'il a présenté à la Société en 1878, en collaboration avec M. Lommel, un projet complet de la traversée des Alpes par le Simplon; et que, l'année dernière, M. l'ingénieur en chef Meyer a fait une conférence sur le projet nouveau, établi en 1882-83; sans vouloir aujourd'hui établir un parallèle entre le Grand Saint-Bernard et le Simplon, il se

bornera à reprendre quelques points de la question. Il est d'accord avec l'orateur au sujet du préjudice que le Gothard porte au commerce Français, et sur la nécessité d'y porter remède; mais il diffère d'opinion sur la difficulté qui s'attache à la construction des souterrains de grande longueur. M. de Vautheleret a dit qu'il était difficile de prévoir le coût de semblables ouvrages; à cela l'on peut répondre que le Gothard a été exécuté pour 3,800 francs le mètre, ce qui était exactement le chiffre prévu au devis. Quant à l'effet désastreux produit sur la santé des travailleurs, M. Huber croit qu'il y a là beaucoup d'exagération; il est allé au Gothard avec notre collègue M. Reymond, et ils n'ont jamais vu ni entendu dire que les maladies atteignissent 60 pour 100 du personnel, comme l'a avancé M. de Vautheleret; sans doute il y a eu des accidents, mais la mortalité et la maladie n'ont pas dépassé la moyenne constatée dans l'exécution des grands travaux de ce siècle. Pour le Simplon, il peut y avoir également des sacrifices à faire; il faut seulement savoir s'ils sont justifiés par la grandeur du but à atteindre.

Quant à la faible élévation de température réclamée en faveur du Saint-Bernard, ce qui est vrai pour cette traversée est vrai pour toutes les autres: c'est-à-dire que si l'on voulait s'astreindre, pour n'avoir qu'un millier de mètres en couche superposée, à monter 1,600 mètres d'altitude, on pourrait, au Simplon comme au Saint-Bernard, comme ailleurs, abaisser la température de 32° à 18°. Cette question de l'élévation de température est extrêmement importante, et mérite toutes les préoccupations des partisans du Simplon. La température de 32° est celle que l'on a eue au Saint-Gothard et que l'on est parvenu à surmonter au moyen d'une ventilation fournie par 400 chevaux de force, tandis qu'au Simplon on disposera de 6,000 chevaux de chaque côté, en se servant du Rhône, de la Diveria et de la Chérasca; M. Huber pense que, grâce à cette puissante ventilation, on pourra ne pas dépasser 29 à 30 degrés.

Relativement aux distances qui séparent Paris de Milan, M. de Vautheleret a dit que le tracé par le Saint-Bernard donne l'itinéraire le plus court. M. Huber, de concert avec notre collègue M. Vauthier, a étudié cette question et, en prenant les profils en long officiels des chemins de fer de France, de Suisse et d'Italie, en appliquant pour la majoration des distances la formule Amyot, adoptée par la commission parlementaire, il est arrivé au résultat suivant, en ne tenant compte que de la distance virtuelle :

Mont-Blanc........	1446 kilom.
Mont-Cenis........	1443
Saint-Bernard.....	1408
Saint-Gothard.....	1359
Simplon...........	1333

M. Huber ne prétend pas qu'il n'y ait qu'un moyen de calculer les majorations, mais M. Vauthier et lui ont apporté dans leurs calculs toute l'impartialité possible; il serait heureux de connaître les bases qui ont servi à

établir ceux de M. de Vautheleret; il aurait désiré voir également les profils en long, en travers et tous les détails nécessaires pour se rendre un compte exact du projet, car nulle autre mieux que la Société des Ingénieurs civils n'est à même de prendre en main l'étude approfondie de ce sujet. M. Huber espère donc que M. de Vautheleret voudra bien nous apporter ces renseignements, afin que l'on puisse faire une comparaison sérieuse entre la traversée par le Saint-Bernard, par le Simplon et par le Mont-Blanc, bien que cependant ce dernier passage n'ait encore donné lieu à aucune étude précise et détaillée.

M. de Vautheleret a défendu son projet du col Ferret, parce qu'il croit y voir un plus grand profit pour les intérêts français, et une plus grande sécurité dans l'exécution. Quant aux études techniques réclamées par M. Huber, elles ont été dressées et l'on peut *a priori* s'en rendre compte par le rapport publié récemment et qui est déposé à la Société et à la disposition de ses membres; aujourd'hui, M. de Vautheleret n'a voulu faire qu'un exposé général de la question sans entrer dans une foule de détails techniques qui l'auraient peut-être trop allongé et surchargé pour le cadre restreint d'une communication. Quant à la question de température, M. de Vautheleret n'a avancé aucun chiffre qui ne fût tiré de documents officiels il les maintient donc; la question des distances est à étudier; il l'a du reste traitée avec plus de détails dans le rapport général de son projet et soutient que pour le Saint-Bernard il y a majoration évidente.

M. le Président demande à M. W. Huber s'il a l'intention de nous présenter une communication sur le Simplon.

M. W. Huber répond que des communications ont été faites en 1878 et en 1882; le dossier complet en a été déposé à la Société. Toutefois, M. Huber se tient à la disposition de ses collègues pour résumer les travaux. Les nouvelles études portent surtout sur la réduction des rampes, et sur la diminution des températures au moyen d'un tunnel brisé qui passe sous les points bas de la chaîne des Alpes au lieu de passer sous les sommets.

M. Reymond avoue que la question de mortalité a été une de ses préoccupations; au Saint-Gothard, le chiffre de la mortalité n'a pas dû être constant; à une certaine époque, on a remarqué que les mineurs qui venaient de l'avancement du Mont-Cenis, où sans doute leur santé s'était déjà altérée, étaient atteints au bout de six ou huit mois de travail et très peu atteignaient une année. M. Reymond s'explique ce fait ainsi, car il a vu, en dehors de cela, au Saint-Gothard, des populations saines et bien portantes, chez lesquelles la mortalité n'atteignait certainement pas 60 pour 100; il y a évidemment là une erreur matérielle. La question mérite d'être étudiée et la discussion pourrait être reprise à une prochaine séance.

M. de Vautheleret est tout prêt à répondre aux observations qui pourront lui être adressées par ses honorables collègues.

M. le Président, en remerciant M. de Vautheleret de son intéressante communication, qui sera insérée *in extenso* dans le Bulletin mensuel, dit que la question pourra être reprise utilement, avec les documents nouveaux qui nous seront apportés de part et d'autre.

Vu l'heure avancée, la communication de M. Chancerel, sur la magnésie au point de vue de l'épuration préalable des eaux de générateurs à vapeur, est remise à la prochaine séance.

MM. Fumet, Guéroult, Muller et Pauwels ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

Séance du 18 Avril 1884.

Présidence de M. Louis Martin.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 4 avril est adopté.

M. le Président. J'ai à vous confirmer le décès de M. J. B. Dumas, membre honoraire de notre Société. L'affluence des personnes qui se pressaient à ses obsèques a montré en quelle estime il était tenu par tous. En y assistant en nombre, anciens et nouveaux, les Élèves de l'École centrale, dont il était l'un des fondateurs ont en particulier témoigné de leur reconnaissance envers lui. La mort de M. Dumas est une perte pour la science on peut dire pour la France.

Je ne vous dirai rien des travaux de notre regretté maître, vous les connaissez tous; nous aurons, du reste, occasion d'en parler dans une grande notice que nous publierons à ce sujet.

Nous avons perdu également M. Ling, ancien ingénieur, attaché à l'établissement de Fives-Lille.

M. le Président fait part de la nomination de M. Adolphe Violet comme commandeur de l'ordre d'Isabelle la Catholique.

Il annonce ensuite qu'il a reçu une lettre de M. West, au sujet de papiers assez nombreux, inédits, que madame Yvon Villarceau adresse à la Société pour en faire ce qu'elle jugera utile et en tirer tous les résultats possibles. Il y a des volumes de calculs; il faudra mettre tous ces papiers en ordre et les examiner avec soin.

M. Tresca demande si on ne pourrait pas nommer une commission qui serait chargée de classer et d'étudier ces papiers.

M. le Président. Évidemment! Il y a des calculs considérables; il doit y

avoir, au milieu de tout cela, des choses excellentes, très intéressantes : nous verrons à nommer une commission pour les examiner.

Nous avons reçu de M. Hourier, membre de la Société, une étude sur la production nationale au point de vue des éléments du prix de revient.

C'est une sorte de programme concernant l'utilité d'une enquête au sujet de la crise industrielle et indiquant la forme à donner à cette enquête. Ce travail a été fait un peu dans le but de répondre à l'appel que nous avons adressé, à ce sujet, aux membres de la Société.

Enfin, nous avons reçu de M. Berruyer, un de nos nouveaux admis, une petite notice sur l'acier coulé. M. Berruyer nous a remis cette notice pour se conformer à l'article 7 du règlement qui dit que chaque nouveau sociétaire doit présenter un travail à la Société dans les six mois de son admission.

L'ordre du jour appelle les observations de M. Chancerel sur la communication de M. Couriot : l'industrie des mines devant le Parlement.

M. Chancerel n'ayant pu assister à la séance du 21 mars dernier ni entendre la communication très intéressante de notre collègue, M. Couriot, sur l'industrie minière, nous n'avons pris connaissance de ladite communication que par le procès-verbal qui nous a été distribué peu de temps avant la dernière séance du 4 de ce mois.

Sous la première impression de cette lecture, il nous a semblé qu'il y avait quelques observations à présenter à M. Couriot, et nous avons demandé à notre honorable président de le faire au commencement de la dernière séance, au moment de la mise aux voix de l'acceptation du procès-verbal de la précédente séance.

Notre honorable président, dont le devoir, très respecté par nous, est de défendre l'ordre du jour arrêté des séances, n'a pas cru pouvoir nous donner la parole, surtout en l'absence de M. Couriot, et il nous a ajourné, pour cet objet, à aujourd'hui.

Ce délai a enlevé, bien malgré nous, à ce que nous allons dire, le caractère particulier de spontanéité que nous aurions désiré lui conserver.

M. Couriot a dit que huit propositions de loi, présentées à la Chambre des députés et pouvant se résumer en cinq propositions, jetteraient un trouble profond dans les exploitations minières.

Ces cinq propositions sont les suivantes :

1° Le retrait et le rachat, par l'État, de toutes les concessions de mines, en France ;

2° La limitation de la durée du travail à huit heures.

3° Le renvoi de toutes contestations, entre exploitants et ouvriers, devant des Conseils spéciaux de prud'hommes ;

4° L'institution de délégués mineurs, nommés aux suffrages de leurs camarades, et chargés du contrôle et de la vérification des travaux, ainsi que de la constatation des accidents ;

5° L'obligation, pour tous les concessionnaires, de fonder des caisses de

secours et de retraite ou de contribuer au fonctionnement des institutions de prévoyance déjà créées dans les bassins miniers.

M. Couriot a fait un exposé général de la situation économique de l'industrie minière et en a très bien fait ressortir, l'état critique en France, devant les prix de revient très inférieurs de l'Allemagne, de l'Angleterre et de la Belgique, qui viennent vendre leurs produits miniers sur notre propre sol. Il a prouvé que la houille était grevée, en France, de 50 à 65 cent. par tonne, dans ses prix de revient, par les frais que les concessionnaires ont à supporter pour faire face aux avantages donnés aux ouvriers mineurs. Enfin, il a démontré que le revenu des concessions de mines, en France, pendant l'année 1881, n'a été que de 4 pour 100 du capital engagé.

Il y a, ici, une première question à poser. Est-ce l'ouvrier mineur qui est cause de cet état funeste ? Sont-ce les avantages qu'on lui fait, en dehors des salaires, qui ruinent les concessionnaires ?

Ne serait-ce pas plutôt le concessionnaire qui s'est endormi trop longtemps sur ses anciens dividendes et qui n'a pas prévu à temps, la concurrence terrible de l'étranger, facilitée par les moyens perfectionnés de transport ! N'est-ce pas le concessionnaire qui oublie qu'on se trouve, comme l'a fort bien dit M. Georges Salomon, en des temps où la part de la main-d'œuvre, dans le prix des produits manufacturés, va sans cesse en décroissant, malgré la hausse continue des salaires !

Sur la question du rachat et de l'exploitation, par l'État, des concessions minières, tout le monde sera de l'avis de M. Couriot, à moins, cependant, que les concessionnaires ne veuillent rien faire pour sortir de l'impasse où ils sont, auquel cas ils se décerneraient à eux-mêmes un brevet d'incapacité.

En ce qui concerne la limitation de la durée des heures de travail du mineur, que cette durée soit de huit heures ou autre, on peut ne pas voir aussi clairement que M. Couriot que l'émancipation des travailleurs puisse gagner à ce qu'ils soient incités, par un appât de gain, à prolonger le temps de leur rude labeur, au point de n'avoir plus, en rentrant chez eux, que la volonté de manger et de se coucher, comme des bêtes de somme. Que l'ouvrier mineur et l'exploitant s'entendent pour déterminer la durée ordinaire de la journée ouvrable, cela est juste. Mais, que l'État veille à ce que le règlement ne sorte pas, ordinairement, de cette limite acceptée contradictoirement, cela n'est pas moins juste et on ne peut voir là qu'un devoir paternel de sa part, aussi impérieux que celui de la réglementation du travail des enfants, et non pas une ingérance qui puisse gêner l'échange raisonnable de l'offre et de la demande.

En ce qui concerne la création de conseils de prud'hommes spéciaux (loi votée, croyons-nous), on peut toujours ne pas voir, aussi bien que M. Couriot, en quoi cette organisation pourrait aigrir les rapports, d'ailleurs assez aigres déjà, du capital et du travail. Si les contestations professionnelles entre mineurs et exploitants ont été tranchées jusqu'ici par eux-mêmes, on peut dire que les membres de ce tribunal y sont juges et parties. (Nous laissons de côté la juridiction du juge de paix qui ne peut être compétent qu'en matière de droit commun.) En définitive, s'il n'y a pas entente dans les li-

tiges entre mineurs et patrons, l'ouvrier est renvoyé. Le meilleur droit peut se heurter à la force et c'est ce qu'on ne pourrait pas dire avec des prud'hommes mineurs, indépendants des parties.

Quant à l'institution des délégués mineurs, nommés aux suffrages de leurs camarades, et chargés du contrôle et de la vérification des travaux, ainsi que de la constatation des accidents, on peut se trouver fort étonné de la raison alléguée par M. Couriot pour la combattre. Il croit que cette création serait injurieuse pour le corps des mines et dangereuse pour les exploitations. On doit d'abord dire que les susceptibilités d'un corps quelconque, dont les membres sont serviteurs de l'État, ne pourraient être mises en balance avec un intérêt général. Mais, on peut bien, contrairement à l'opinion de M. Couriot, ne pas croire que l'honorable corps des mines, dont la capacité n'est mise en doute par personne, puisse être froissé dans un seul de ses membres par l'idée du concours, d'ailleurs forcément respectueux, d'hommes dont la vie et la sécurité dépendent de sa direction. Ce concours mettrait certainement en évidence l'habileté de l'ingénieur, sa prévoyance, ses ressources techniques et sa sollicitude pour le travailleur. Cet ingénieur aurait lieu d'en être fier et non de s'en froisser. Sa popularité et, par suite, son action sur l'ouvrier seraient centuplées. Peut-on voir là un danger ?

Quant aux institutions de prévoyance, l'État peut n'avoir pas qualité pour les imposer aux industries libres. Et on peut le regretter, comme on pouvait regretter, autrefois, que l'instruction ne fût pas obligatoire. Mais les concessionnaires de mines ne sont pas des industriels libres ; ce sont des délégués de l'État dans la jouissance d'un fonds minier lui appartenant. L'État leur cède son monopole d'exploitation, en vue d'un intérêt général, et il les substitue à lui dans le gouvernement de la population minière. Il a qualité pour veiller au sort de ces travailleurs et il peut, en principe, demander pour eux des caisses de prévoyance sans s'immiscer aucunement dans le fonctionnement desdites caisses qui doit se faire par gérance contradictoire des exploitants et des ouvriers. Les chemins de fer, comme les administrations de l'État, possèdent de ces caisses. Pourquoi les exploitations minières n'en auraient-elles pas aussi, organisées d'une manière plus uniforme que celles qui résultent simplement du bon vouloir des concessionnaires ?

Car, il faut bien le dire, celles-là ne sont qu'une aumône aux travailleurs. Ce qui est dû à cette population si vaillante, si courageuse et si énergique des mineurs, c'est un capital de prévoyance qui ne les rabaisse pas et qui résulte, tant des retenues faites sur leurs salaires que d'une subvention coopérative donnée par les exploitants. Ces sortes de caisses fonctionnent en Belgique depuis 1868 et tous, exploitants et mineurs, s'en trouvent bien.

Le souffle vivifiant de la liberté qu'invoque M. Couriot, ne paraît pas atteint par les quatre dernières propositions sus-énoncées. On ne fera croire à personne de désintéressé dans la question, que le sort des mineurs n'ait

pas lieu d'être amélioré et le plus tôt possible. Il ne faut pas oublier les grèves de plus en plus fréquentes et d'autant plus redoutables que l'ouvrier apprend à se syndiquer.

Messieurs, tout ce qui précède ne consiste qu'en observations de détail et vise analytiquement l'argumentation de M. Couriot. Le peu qui nous reste à dire touche à la synthèse, c'est-à-dire à l'ensemble de sa communication.

M. Couriot nous dit que l'industrie minière est en péril; il jette un cri d'alarme! Mais, indique-t-il le remède? Non.

Il s'appesantit sur les quatre propositions susdites qui ne peuvent, croyons-nous, ni faire grand bien ni produire un grand effet immédiat, autre que celui d'une légère détente dans les rapports de patrons à ouvriers. Ce ne seraient que des remèdes bien bénins, qu'il refuse, et il en faut d'héroïques! La conclusion de M. Couriot serait-elle de ne rien faire?

Tel est le doute dans lequel nous restons et nous aurions désiré voir compléter l'étude très intéressante de M. Couriot qui n'est que ce que les médecins appellent un diagnostic, par une thérapeutique professionnelle capable d'éclairer l'enquête parlementaire.

M. Couriot. Messieurs, c'est avec regret que je vois un de nos honorables collègues, M. Chancerel, qui n'a pas assisté à la séance dans laquelle j'ai eu l'honneur d'entretenir la Société des diverses propositions de loi relatives au régime des mines, n'avoir pas attendu, pour présenter des observations au sujet de la communication que j'ai faite, l'insertion *in extenso* de cette communication dans le Bulletin de la Société, car M. Chancerel aurait trouvé, dans sa lecture, une réponse à la plupart des critiques qu'il vient de formuler, et il n'aurait pas eu à exprimer sa manière de voir en la basant sur l'analyse, forcément incomplète, qui a paru dans nos procès-verbaux.

Messieurs, je ne veux pas abuser de la bienveillante attention de la Société, car je craindrais de la mettre à l'épreuve en faisant, de nouveau, valoir les arguments que j'ai produits à l'encontre des propositions législatives, dont est actuellement saisie la Chambre des députés; aussi, me bornerai-je à répondre à quelques-unes des observations que vient de présenter M. Chancerel.

M. Chancerel ne croit pas attentatoires à la liberté des propositions de loi qui ont pour but de *restreindre*, tant pour l'exploitant que pour l'ouvrier, la durée du travail dans les mines, d'*obliger* tous les concessionnaires à accepter le contrôle des ouvriers pour les travaux souterrains et d'*imposer* l'épargne à tous les mineurs; cela me prouve que lui et moi nous ne comprenons pas de même la liberté; en ce qui me concerne, j'avoue que les trois locutions dont je viens de me servir « *restreindre*, *obliger* et *imposer* » m'ont toujours paru en opposition complète avec l'idée que je m'étais faite jusqu'à ce jour de la liberté en matière industrielle.

M. Chancerel paraît craindre que les exploitants de mines ne se soient endormis sur leurs dividendes; il faut qu'il leur suppose une bien grande

quiétude d'esprit et à leurs capitaux, bien peu d'exigences, pour admettre qu'après les bénéfices exceptionnels réalisés de 1872 à 1875, les concessionnaires ne se soient pas préoccupés d'améliorer à la fois, leurs méthodes et leur matériel d'exploitation et penser qu'ils doivent se contenter, sans chercher mieux, des profits réduits qu'ils trouvent, depuis plusieurs années déjà, dans l'exercice de leur industrie.

M. Chancerel semble redouter que la part de la main-d'œuvre dans la valeur du produit fabriqué n'aille en décroissant dans les mines malgré la hausse continue des salaires. Ce fait peut se produire dans certaines industries dans lesquelles la substitution d'engins mécaniques au travail manuel a diminué la part de ce dernier et, par suite, la proportion dans laquelle le salaire peut entrer dans la valeur du produit fabriqué; mais le fait est inexact quand il s'agit d'une industrie comme celle des mines dont le produit, la houille, tire la plus grande partie de sa valeur du prix même de la main-d'œuvre et l'on peut dire que la hausse régulière et constante des salaires depuis l'origine du siècle est la cause principale de l'augmentation du prix du charbon.

M. Chancerel admet le rachat des mines dans le cas où les concessionnaires ne voudraient rien faire « pour sortir de l'impasse où ils sont. » Tout en ne voyant pas aussi clairement que M. Chancerel dans quelle impasse se sont mis les concessionnaires, je crains que notre honorable collègue ne se soit pas rendu un compte exact des conséquences financières du rachat qui, dans son esprit, pourrait devenir éventuellement un remède; j'ajouterai que, s'il y a des concessionnaires dans une impasse, ce sont surtout ceux qui ne font aucun bénéfice; or, j'ai exposé à la Société que plus des trois quarts des concessions de mines de France étaient en perte ou inexploitées. Rachètera-t-on les exploitations qui ne donnent aucun profit ou qui sont en perte; enfin, indemnisera-t-on les concessionnaires qui, après des sacrifices considérables faits en vue d'accroître la richesse minérale du pays, ont dû, n'ayant pas été récompensés de leurs efforts et de leur peine, cesser toutes recherches ou toute exploitation? L'équité le voudrait, la situation budgétaire du pays le permettrait-elle? Quel ministre oserait sérieusement proposer aux Chambres une semblable opération?

M. Chancerel refuse aux ouvriers la faculté de prolonger la durée de leur travail; il voudrait que cette durée fût fixée par un règlement intérieur que l'État aurait le devoir de faire respecter, car il craint que l'exploitant ne fasse du mineur « une bête de somme. » Il oublie que je demande la liberté pour le travailleur comme pour celui qui l'emploie et que, par suite, l'ouvrier aura toujours le droit de cesser son labeur à un moment donné quand il jugera son salaire suffisant, comme il aura aussi la latitude d'accroître ce salaire, s'il a charge de famille, en faisant un effort supplémentaire.

En ce qui concerne l'établissement de Conseils spéciaux de prud'hommes (proposition qui est actuellement devant le Sénat), M. Chancerel aurait trouvé dans la lecture de ma communication au Bulletin, un exposé des

nombreux inconvénients qui résulteraient de la création pour les mines de Conseils spéciaux de prud'hommes. Je ne veux pas, Messieurs, vous les présenter de nouveau; je rappellerai seulement que les Conseils de prud'-hommes sont, aux termes de la loi, des institutions commerciales qui ne peuvent trouver place sur le terrain tout civil des mines dont l'exploitation, dit la loi de 1810 « n'est pas un commerce. » La proposition qui demande la création de prud'hommes mineurs substituerait donc au juge de paix, ce magistrat de la conciliation par excellence, un système défectueux dont les inconvénients sont multiples. On ne voit pas, d'ailleurs, si on se met à créer des tribunaux propres aux mines, pourquoi on n'établirait pas des tribunaux particuliers dans chaque industrie.

M. Chancerel s'étonne que j'aie trouvé injurieuse pour le corps des mines la proposition de loi qui traite sur le pied d'égalité le délégué ouvrier et le représentant de l'administration des mines : ingénieur ou garde-mine. M. Chancerel apprendra donc avec surprise que l'opinion que j'ai exprimée vient d'être partagée par la Commission parlementaire de 22 députés, devant laquelle a été renvoyé l'examen de la proposition relative à la création de délégués dans les mines; cette commission, après avoir déposé un premier rapport concluant au concours simultané du délégué et de l'agent de l'État, vient de substituer un nouveau rapport au premier, et dans ce dernier elle n'astreint plus le représentant de l'administration des mines à procéder *concurremment* avec le délégué mineur au contrôle des travaux et à la constatation des accidents. Quant aux autres inconvénients que laisse subsister la nouvelle proposition, je les ai exposés déjà et je n'y reviendrai plus.

On peut ne pas partager les regrets que manifeste M. Chancerel de voir que l'État n'a pas qualité pour imposer les caisses de prévoyance aux industries libres; notre collègue semble désirer que l'épargne, comme l'instruction, soit rendue obligatoire. Il oublie que l'instruction est un don gratuit de l'État. Le pays doit à tous ses enfants les moyens de s'instruire et de s'éclairer, mais une fois le citoyen armé pour le combat de la vie, une fois qu'il est doté des connaissances primordiales nécessaires, il doit être livré à lui-même, il doit avoir la faculté d'employer comme il l'entend son salaire qui est sa propriété, il doit être libre de prélever une partie quelconque de ce salaire ou de ses bénéfices en vue de s'assurer une retraite sur ses vieux jours, comme il a le droit aussi de donner à ses économies telle autre affectation plus à sa convenance.

D'ailleurs, dans le système de notre collègue, si on impose la retraite à l'ouvrier, pourquoi n'imposerait-on pas l'assurance au patron, car où commence le patron et où finit l'ouvrier? De telles questions montrent quelles complications entraînerait l'ingérance de l'État dans le domaine privé.

Il est vrai qu'en ce qui concerne les mines, M. Chancerel n'hésite pas à imposer les caisses de prévoyance aux concessionnaires, qu'il considère comme délégués de l'État dans la jouissance d'un fonds minier *lui appartenant*. M. Chancerel est ici en désaccord absolu avec la loi du 21 avril

1810, dont l'article 7 confère aux concessionnaires « la propriété perpétuelle de la mine. » En dehors des prescriptions spéciales visées par les articles 47 et suivants, relatifs à la police des mines, on peut donc dire que la propriété minière est une propriété comme toutes les autres, et l'État ne peut modifier le contrat qui le lie vis-à-vis des concessionnaires, sans le consentement de ces derniers.

M. Chancerel loue vivement les caisses belges, il oublie qu'elles sont sorties, en 1839, d'un mouvement spontané des concessionnaires de mines.

Enfin, les nombreuses institutions de prévoyance qui existent en France ont été créées sans l'intervention des pouvoirs publics et elles témoignent des efforts faits par les exploitants pour améliorer le sort de l'intéressante population des mines ; il est à cet égard un fait remarquable, c'est qu'en Allemagne, où les caisses de retraites sont rendues obligatoires par la loi prussienne, les versements aux caisses faits par l'État lui-même, dans ses propres mines, pour les ouvriers qu'il emploie, sont inférieurs de moitié aux versements de nos principales Compagnies françaises, tant il est vrai que l'initiative privée produit des merveilles. Oui, Messieurs, on doit reconnaître que toutes les fondations, si nombreuses et si variées, dont sont dotés nos bassins houillers sont nées et se sont développées sans que l'État ait eu besoin d'en provoquer la formation, et elles sont vitales et prospères, parce qu'elles ont été inspirées par le seul sentiment qui, en matière d'assistance, puisse faire des œuvres durables, par ce mobile qui porte tous les hommes à s'entr'aider les uns les autres : la solidarité !

M. Chancerel. M. Couriot n'a pas répondu suffisamment à mes objections. J'ai dit que ces quatre propositions que j'ai citées, j'en faisais bon marché, car, en somme, je ne crois pas que ce soit un remède héroïque pour sauver l'industrie minière. On répond qu'il y a en ce moment une crise funeste dans cette industrie, et on n'indique pas le remède à apporter à cette situation; c'est là ce qu'on aurait dû faire.

M. Couriot. M. Chancerel me paraît s'être mépris sur mes intentions : je n'ai jamais eu la pensée, comme il semble le croire, d'indiquer le remède auquel il convient de recourir pour mettre fin à la crise qui sévit actuellement sur l'industrie des mines ; certes si j'avais trouvé ce remède, je m'empresserais de le proclamer bien haut et de l'indiquer à tous, mais je n'ai pas cette prétention, et pour cause ; je me suis seulement attaché à démontrer que les mesures proposées par les auteurs des projets de loi dont j'ai fait l'analyse, loin de pouvoir apporter une solution à la crise que nous traversons ne pourraient que l'aggraver encore, accroître le prix de revient du charbon, alors que la lutte contre l'étranger est déjà si difficile pour les houillères françaises, et enfin aigrir les rapports existants entre les exploitants des mines et les travailleurs qu'ils emploient.

M. le Président. M. Couriot n'a pas prétendu indiquer le remède ; il s'est contenté de dire : — A la Chambre on présente des remèdes, je crois que ces remèdes sont pires que le mal. — Je crois que c'est là le but de

M. Couriot, de démontrer que la Chambre, agissant comme un médecin qui se trompe en cherchant à sauver un malade, est dans la mauvaise voie. Le médecin qui visite un malade croit quelquefois reconnaître les symptômes d'une maladie qu'il n'a pas et il peut en conséquence lui donner un remède de nature à l'envoyer dans un autre monde, au lieu de le sauver. M. Couriot croit que les lois proposées seront plutôt funestes que favorables à l'industrie minière.

M. Chancerel. Je répondrai à cela que je suis de cet avis. Je crois qu'on a indiqué une maladie, mais qu'on n'a pas indiqué le remède qu'il faudrait y apporter. Quant à ces projets, je ne crois pas qu'ils aient une influence considérable sur la situation des ouvriers. Les ouvriers ne sont pas la cause de la crise que nous traversons; veut-on réduire leur salaire?

M. Couriot. Je crois qu'il est bien difficile de penser à toucher aux salaires, mais il est évident que, d'une part, l'élévation du prix de la main-d'œuvre, qui est deux fois plus chère en France qu'en Allemagne, et que dans la Rûhr notamment, et d'autre part, la moindre production individuelle de l'ouvrier français, sont, comme je l'ai démontré dans ma communication, les causes principales d'infériorité de nos houillères.

M. Périssé. Je voudrais ajouter un mot à la dernière observation de M. Couriot. Entre la Rühr et nos charbonnages, il y a une grande différence qui consiste dans les gisements eux mêmes. A la Rühr on exploite à bon marché, parce que l'extraction est facile, que l'exploitation se fait dans des conditions exceptionnelles et qu'il n'y a pas d'accidents. C'est là la cause principale de l'infériorité du prix.

M. Dallot. En présence de l'état inquiétant dans lequel, tout le monde le reconnaît, se trouve l'industrie française, et spécialement l'industrie de l'extraction de la houille, je crois que c'est présenter un étrange remède, de proposer la réduction du nombre des heures de travail. Dans une discussion récente, un député ne craignait pas de dire à la Chambre que la réduction de la durée du service militaire dans les circonstances actuelles serait un crime. Eh! bien, moi aussi je le proclame, on se rend coupable envers le pays en demandant en ce moment la diminution de la journée de travail.

Il faut avoir la franchise de le dire, la principale cause de cette crise dont on parle tant, c'est qu'on ne travaille plus assez en France. De toutes parts, une légion de prétendus amis représentent à l'ouvrier que l'excès de labeur le réduit à l'état de bête de somme, entrave sa culture intellectuelle, le sèvre des douceurs de la vie de famille. Ces conseils tombent dans des oreilles complaisantes. Toutes les revendications des *travailleurs* comprennent actuellement dans leur programme la réduction de la journée à huit heures, et l'on se promet quand on aura réussi de réclamer six heures. En attendant, un mot d'ordre court par les ateliers, de ne pas se donner trop de mal, de s'attacher à ne pas trop produire pour éviter de se faire concurrence entre ouvriers et pour rendre nécessaire l'emploi d'un

plus grand nombre de bras, surtout de n'en pas trop faire pour les exploiteurs. Mot d'ordre trop fidèlement obéi souvent. Voilà la maladie la plus dangereuse de l'industrie française!

On vient demander la réduction de la journée, lorsqu'il est démontré par toutes les enquêtes que nos frais généraux sont supérieurs à ceux de nos concurrents. Comment les esprits de bonne foi n'aperçoivent-ils pas que ces frais généraux, qui resteront invariables, correspondant à un moindre nombre d'heures de travail, s'accroîtront par cela même pour une production donnée. Quelles en seront fatalement les conséquences pour l'industrie? Une augmentation de prix de revient et une restriction des débouchés. Qui en sera la première victime? L'ouvrier, qui paye toujours de ses souffrances les erreurs où l'entraînent des flatteurs qui vivent à ses dépens.

Autre considération qui touche aux intérêts vitaux du pays. On entend fréquemment dire que le service militaire écrase l'industrie et l'agriculture en les privant des bras dont elles ont besoin. Qu'on y réfléchisse, en évaluant à cinq millions le nombre des ouvriers français, chiffre au-dessous de la vérité, une heure de travail de ces cinq millions d'hommes représente un total de cinq millions d'heures, c'est-à-dire environ cinq cent mille journées. Par conséquent, avec une heure de travail de plus par jour, c'est au point de vue économique comme si pas un seul homme n'était enlevé à la charrue et à l'usine par sa présence sous les drapeaux. Au contraire, avec une heure de travail de moins, c'est pour la production française comme si la charge du service militaire était doublée. Ne voit-on pas par cette considération saisissante, devant la situation de notre patrie, qui a tant à faire pour son relèvement, qui est si impérieusement tenue de s'imposer pour sa défense les derniers sacrifices, qui risquerait de payer de son existence l'oubli des obligations auxquelles l'ont soumise ses malheurs, ne voit-on pas que le patriotisme commande à tous les Français de s'imposer le labeur le plus énergique, sans cesse et sans relâche. Les plus durs travailleurs font les meilleurs soldats. Chacun sait aujourd'hui que le destin d'une guerre dépend de la manière dont on s'y est préparé pendant la paix. On n'ignore pas davantage que la puissance industrielle, la prospérité économique, exercent une influence prédominante sur le sort des armes. Il faut donc, à tout prix, que l'industrie française reste puissante et prospère. Il faut qu'elle triomphe des difficultés qui paralysent son essor, qu'elle guérisse les maladies qui minent ses forces. Pour cela, il ne faut pas prêcher à l'ouvrier les doctrines qui substituent la jouissance à l'effort. Il faut l'inciter au contraire, en faisant appel à ses généreux instincts, à déployer au travail de l'énergie, du courage, de la ténacité, à ne pas épargner sa peine. Lui et sa famille ne s'en trouveront que mieux, et le pays s'en trouvera bien. La valeur ne s'exerce pas seulement sur les champs de bataille; elle trouve aussi son application sur les champs du travail.

M. Fleury. M. Chancerel demandait tout à l'heure que l'on indiquât un remède; je ne prétends pas l'apporter, mais je trouve dans une observation faite par M. Jules Garnier à la fin de l'avant-dernière séance, l'indi-

cation d'un remède, et je l'apporte. M. Jules Garnier a dit que la situation difficile des houillères en France tenait à une cause profonde, qui est la certaine avarice avec laquelle notre sol nous fournissait les produits qu'il contient. Il y a peut-être là les éléments de la solution à apporter au problème créé par la crise industrielle, c'est-à-dire qu'il faudrait peut-être n'aller chercher les produits du sol, que là où ils se donnent facilement.

Mais, pour l'heure actuelle, M. Garnier croit qu'il faut ajouter un petit droit d'entrée sur la houille pour faciliter l'écoulement des houilles françaises; il serait d'avis de mettre un droit suffisant pour permettre aux houilles françaises de se vendre sur les marchés français : cela permettrait d'exploiter des couches qui auraient été abandonnées par suite de trop grandes difficultés d'extraction ou d'exploitation; il y aurait probablement dans cette légère augmentation des droits d'entrée un contrepoids qui favoriserait la vente des houilles françaises.

M. Périssé disait dernièrement que les prix de revient des constructions des machines, en France, était de beaucoup supérieur à ce qu'il est en Angleterre, en Allemagne et en Belgique; il disait que le charbon entrait pour une somme assez forte, dans le prix de revient de la machine. Si nous augmentons les droits de douane pour le charbon, ce qui revient à dire : si nous augmentons le charbon, le prix de revient de la machine sera augmenté; et, comme M. Périssé trouvait aussi que ce serait justice d'établir un droit compensateur qui rétablirait l'égalité de prix entre les machines françaises et les machines étrangères, si on augmente la houille, le droit se trouvera faussé, et, comme tout le monde achète des machines, tout le monde payera les machines un peu plus chères.

Je ne crois pas que le remède de M. J. Garnier soit excellent, et si je l'ai rapproché de la communication de M. Périssé, c'est simplement pour noter une tendance à laquelle je ne m'attache pas du tout, mais que j'ai cru bon de signaler à la Société, au moment où, conformément au vœu exprimé par M. Salomon et d'autres membres, on va se préoccuper d'étudier le grave sujet qui nous inquiète et nous intéresse tous, c'est-à-dire de retrouver les véritables conditions du travail en France, et de ne faire l'industrie que là où on peut la faire; car ce sera probablement le résultat de l'enquête ouverte aujourd'hui.

M. Cornuault. Avant de parler de diminution des droits de douane sur la houille étrangère, il faut bien mesurer les conséquences de l'abolition de ces droits.

On consomme en France environ 30 millions de tonnes de houille par an, dont 10 millions de tonnes de houilles étrangères; si on annule ce droit de 1 fr. 20, je ne sais pas s'il serait possible d'extraire plus de 12 à 15 millions de tonnes, au maximum de houilles françaises au lieu des 20 millions qui entrent aujourd'hui dans la consommation. Abaisser le droit d'entrée, c'est restreindre la production nationale, et en même temps diminuer les transports par nos voies ferrées, conséquences toutes deux graves. Il ne faut pas perdre de vue que les houilles étrangères envahissent notre

sol de plus en plus. Je crois que si on abaissait le droit de 1 fr. 20, on ne rendrait pas service à l'industrie nationale, tout au contraire.

M. Chancerel. Je veux répondre à l'observation de M. Dallot, mais ce que j'ai à dire n'a pas grande importance. Je n'ai parlé ni de l'augmentation, ni de la diminution des heures de travail; j'ai dit : quelle que soit la durée du travail, mais je n'ai pas parlé d'augmentation ni de diminution.

M. Haubt. Je voudrais revenir à l'objet même de la communication de M. Couriot et présenter quelques observations succinctes. Il me semble qu'il y a malentendu entre M. Chancerel et M. Couriot.

Dans la pensée des députés qui ont élaboré les projets de loi en question, il ne s'agissait guère du relèvement de l'industrie minière, leur pensée n'était pas là, les législateurs songeaient uniquement, je suppose, à favoriser, à améliorer le sort de l'ouvrier mineur. M. Couriot a voulu prouver, et il a prouvé, je crois, que le but visé ne serait pas atteint et que le vote de ces lois serait au contraire préjudiciable à tout le monde.

A tout ce qui a été dit, je demande la permission d'ajouter ceci :

La concession des mines fait l'objet d'un contrat entre l'État et les concessionnaires et il me paraît rationnel qu'il ne puisse être apporté aucune modification à ce contrat sans le consentement exprès des deux parties contractantes.

Le contrat contient des charges et des obligations dont l'État, par l'intermédiaire du pouvoir administratif doit surveiller et exiger l'exécution complète et stricte, mais son droit ne peut aller au delà. S'il y a différence d'appréciation sur l'interprétation ou inexécution des clauses du traité, le pouvoir judiciaire, les tribunaux compétents, sont là pour juger et décider. Mais le pouvoir parlementaire et législatif n'a ni qualité, ni autorité pour introduire des charges et des conditions nouvelles dans des traités de concessions anciennes. Il peut, et c'est son devoir, s'il reconnaît l'imperfection des lois en vigueur et des lacunes dans les traités de concessions, modifier la loi pour l'avenir et imposer toutes les clauses qu'il lui plaira dans les concessions nouvelles à accorder, mais admettre qu'il peut davantage, ce serait reconnaître qu'un contrat avec l'État n'est pas un contrat et n'engage que l'un des contractants. Cela est si vrai que lorsqu'on a modifié récemment les concessions des grandes compagnies de chemins de fer, on l'a fait par accord, par entente préalable, et le Parlement n'est intervenu que pour sanctionner des conventions librement consenties par les deux parties et dans lesquelles chacune d'elles trouvait son avantage.

L'État prétendrait déterminer les heures de travail de la corporation des ouvriers mineurs? Pourquoi se limiter à cette seule catégorie, pourquoi s'arrêter en si beau chemin, et ne pas limiter le nombre d'heures de toutes les autres corporations de travailleurs; de la nôtre par exemple?

L'État voudrait imposer aux concessionnaires de mines de faire des retraites à son personnel. Quand la mine fait de bonnes affaires, cela pourrait aller sans encombre; mais lorsque, comme dans le plus grand nombre des cas, la mine ne réussit pas et se met en liquidation après un certain

nombre d'années d'agonie, l'État forcerait-il les actionnaires ruinés à servir des retraites aux ouvriers, ou bien tiendrait-il lui-même les engagements par lui dictés ?

Je ne suis pas grand partisan du délégué mineur, mais pour d'autres raisons que celles données par M. Couriot. L'ouvrier qui se trouve avoir une autorité sur ses camarades, n'a guère de faiblesse pour eux; ainsi : l'ouvrier arrivé, l'ouvrier parvenu, devenu chef ou patron, chacun a pu le constater, n'est pas en général d'une tendresse, excessive ni d'une extrême bienveillance pour ceux qu'il emploie et peut-être en serait-il de même du delégué? Le délégué, d'ailleurs, existe dans les mines anglaises, je demanderai à M. Couriot s'il est à sa connaissance que cette institution présente des inconvénients graves.

M. Couriot. La loi anglaise diffère de la législation que l'on propose d'établir en France, en ce qu'elle ne fait qu'autoriser les représentants des ouvriers à visiter les mines auxquelles ils sont attachés, au lieu de leur imposer ces visites; à ce point de vue, elle respecte donc leur liberté.

Dans une récente enquête, les mineurs anglais se sont d'ailleurs prononcés contre ces inspections; car ils ont compris qu'accepter la surveillance des travaux souterrains, c'était aussi assumer une part de responsabilité tout en diminuant celle des exploitants, et, en fait, les visites n'ont lieu que très exceptionnellement et dans quelques mines seulement.

En ce qui concerne l'observation que vient de faire M. Hauet qui pense que le délégué mineur, comme tout ouvrier parvenu, loin de favoriser ses anciens camarades, se montrera le plus souvent dur pour eux ; il faut faire une distinction : l'ouvrier qui s'élève par sa propre valeur peut sans crainte faire acte d'autorité et de sévérité vis-à-vis des autres ouvriers, il peut les commander même rudement s'il est besoin, car il n'a rien à attendre d'eux; mais il n'en est pas de même de l'ouvrier qui tient sa position du choix de ses camarades, comme ce sera le cas du délégué mineur ; ce dernier, qui sera élu au suffrage de tous les ouvriers, sera dans la dépendance complète de ses commettants; il se fera leur porte-parole en toutes circonstances et prendra toujours parti pour l'ouvrier contre l'exploitant.

Il peut n'être pas sans intérêt de remarquer ici que les représentants des ouvriers eux-mêmes, dans leurs dépositions devant la Commission parlementaire, ont déclaré que les visites mensuelles de délégués mineurs ne pourraient produire aucun effet utile, à raison de ce qu'il y a d'inopiné dans les accidents de mines. Dans un nouveau projet qui a été présenté à la Chambre, au nom de la Commission, le 3 avril dernier, on a cru remédier à cet inconvénient en portant à deux par mois le nombre des inspections ouvrières. Il est évident que cette modification du projet primitif ne changera en rien le résultat final, car pour prévenir les accidents de mines, eu égard à ce qu'ils ont d'imprévu, il faudrait que le délégué mineur eût, indépendamment des connaissances professionnelles qui lui feront défaut, le don d'ubiquité et de permanence dans les exploitations.

M. Plazolles. J'ai vu attacher une grande importance à la réduction des

heures de travail, je crois que le remède est le travail à la tâche : j'en ai fait l'expérience pendant de longues années. Il faut, autant que possible, faire travailler à la tâche; je pense donc que c'est la véritable solution. Lorsque l'ouvrier a tant par mètre courant, il est intéressé à travailler parfaitement bien. J'ai une brigade de terrassiers qui, après avoir travaillé douze heures dans le jour, travaille encore au clair de la lune. Lorsque l'ouvrier reçoit un prix rémunérateur, il est toujours satisfait. A mon avis, on doit renoncer au travail à la journée et appliquer autant que possible le travail à la tâche.

M. Ivan Flachat. Je désirerais ajouter quelques mots à ce que vient de dire fort bien notre honorable collègue, en faveur du travail à la tâche, dans la crainte qu'il ne s'établisse quelque confusion dans l'esprit, au sujet de la possibilité d'apporter de notables perfectionnements aux errements adoptés aujourd'hui dans les mines.

Il n'est pas possible d'établir, sans erreur grave, la parité entre les conditions où se trouve le travail dans les mines et celles d'un chantier de terrassements. Dans celui-ci, un ouvrier seul, une équipe de quatre ou cinq se mettant d'accord entre eux, peut fort bien, avec un outillage élémentaire, continuer son travail en dehors des heures ordinaires, et même, comme on vient de le dire, au clair de la lune; mais il ne saurait en être ainsi dans les mines. Sans parler de celles dont les chantiers ne sont accessibles que par des puits et des manœuvres de machines, il faut à presque toutes des moyens de ventilation; de là, impossibilité à l'ouvrier de séjourner à l'intérieur des galeries sans que le mécanicien mette sa machine en marche et actionne le ventilateur. Aussi, le travail à la tâche, quelque avantageux qu'il soit, est-il forcément limité dans son application. Le mécanicien, le lampiste, sont astreints à se mettre au travail à une heure assez matinale pour que l'ouvrier à la tâche puisse venir, à partir d'une heure de la matinée qui doit être aussi à peu près réglée à l'avance. Puis, à une certaine heure de l'après-midi, quel que soit son désir de continuer son travail, il faut qu'il abandonne son chantier quand les mécaniciens ont terminé leur journée. D'un autre côté, le travail du remblayeur est nécessairement solidaire de celui de l'abatage. On en doit dire autant pour le roulage, le triage, le lavage, etc. Aussi, dans les mines, tout étant lié plus ou moins intimement, l'organisation est-elle très compliquée. L'amélioration à l'ordre de choses existant, fruit d'une longue expérience, ne saurait être traitée légèrement, et l'on peut tenir pour certain que le travail à la tâche est, à l'heure actuelle et d'une manière générale, installé partout où il est possible de le faire, au moins en France. A mon sens, il n'y a pas à espérer, de ce côté, une amélioration pouvant amener cette rénovation dans la question sociale, attendue par quelques-uns.

M. le Président. M. Plazolles ne dit pas qu'il veut imposer partout le travail à la tâche : il le désire seulement autant que possible; tandis qu'aujourd'hui la tendance est inverse. On veut même l'égalité des salaires à égalité de temps.

M. Dallot. C'est de la part des ouvriers que cette tendance se manifeste.

M. le Président. Messieurs, je crois que la question est épuisée.

M. Chancerel donne ensuite communication de sa note sur la magnésie, au point de vue de l'épuration préalable des eaux de générateurs à vapeur.

Vous savez tous que pour éviter ce qu'on appelle vulgairement le tartre ou les incrustations sur les tôles des générateurs à vapeur, alimentés à l'eau douce, il suffit d'éliminer deux sels terreux, le carbonate et le sulfate de chaux.

Le premier, qui est dissous dans l'eau au moyen de l'acide carbonique, à l'état de bicarbonate, devient insoluble et se précipite dès qu'il passe à l'état de carbonate neutre.

De là, le procédé d'épuration à l'hydrate de chaux employé par les grandes compagnies de chemins de fer.

Quant au sulfate de chaux, on n'y touche pas par ce procédé et il faut chercher à le transformer en un sulfate qui ne devienne pas, comme lui, insoluble à la température de 140 à 160° et à la pression de 5 atmosphères et plus.

De là le procédé au carbonate de soude.

Nous ne parlerons que pour mémoire de la baryte caustique, qui précipite immédiatement le sulfate de chaux en sulfate de baryte, parce que ce produit cher, n'a pas encore été obtenu en quantité industrielle suffisante.

En réunissant, comme réactifs, la chaux et la soude caustiques, MM. Bérenger et Stingl ont obtenu une bonne épuration, quant aux sulfate et carbonate de chaux.

Mais, un réactif nouveau, en France, au point de vue de sa production industrielle et de son prix abordable, peut, à lui seul, produire les effets combinés de la chaux et de la soude.

Nous voulons parler de la magnésie.

Il y a peu de temps, le carbonate de magnésie se vendait, à Paris, mille à huit cents francs la tonne. Notre regretté camarade, M. Prosper Closson, en avait abaissé le prix commercial à trois cent cinquante francs la tonne. C'était un grand progrès!

Mais, la meilleure production factice d'une matière n'en vaut jamais la production naturelle, quand celle-ci aboutit à un résultat chimique pur et défini. Tel est le cas de la giobertite des gisements considérables de Mandoudi dans l'île d'Eubée (mer Egée, Grèce) dont le prix, à Paris, n'atteint pas à cent francs la tonne.

Cette giobertite est un carbonate de magnésie neutre, chimiquement pur, qui contient cinquante et un pour cent d'acide carbonique, quarante-sept pour cent de magnésie et deux pour cent de matières diverses. (Voir, pour plus amples renseignements la note, si intéressante, de M. Rigaud, ingénieur des mines, sur les emplois industriels de la magnésie.)

Il est très facile, par la calcination, de chasser tout ou partie de l'acide carbonique de cette giobertite et de la convertir en poudre de carbonate basique ou en poudre de magnésie calcinée. On peut estimer la valeur de cette dernière poudre à environ 200 à 250 francs la tonne à Paris.

Pour l'épuration préalable des eaux de générateurs à vapeur, convient-il d'employer la magnésie pure ou son carbonate basique ?

C'est ce que nous avons examiné en partant du produit magnésien bien défini susdit, c'est-à-dire la giobertite de Mandoudi et en portant la question sur le terrain expérimental..

Nous avons traité la même eau, par une giobertite de Mandoudi ayant perdu, par calcination, un quart de son poids et, par la même matière ayant perdu la moitié de son poids. Nous avons obtenu une épuration complète, dans les deux cas et avec la même quantité, tant du carbonate basique que de la magnésie pure.

Voici comment nous avons opéré :

1° Nous avons pris 100 grammes d'eau tirée au robinet de la pierre à évier de notre cuisine, eau fournie par l'usine municipale du passage Cottin (Montmartre) marquant 29° à l'hydrotimètre et renfermant, d'après analyse, environ : 150 grammes de carbonate de chaux et 50 grammes de sulfate chaux, par mètre cube.

Dans ces 100 grammes d'eau, nous avons mis 2 centigrammes de poudre de magnésie pure, obtenue comme il a été dit ci-dessus (avec 15 milligrammes, la réaction était imparfaite). Nous avons agité le tout, à la main, dans un flacon bouché, pendant trente minutes. L'eau est devenue d'un trouble blanc laiteux. Nous avons, ensuite, versé brusquement, la liqueur dans un verre à saturation (nous disons : brusquement, pour ne pas laisser dans le flacon une partie de la poudre magnésienne non attaquée), et nous avons laissée au repos pendant deux heures. Au bout de ce temps, et même avant, l'eau était devenue parfaitement limpide et il y avait un dépôt blanc sur tout le fond du vase. Décantant, avec précaution pour ne pas troubler ce dépôt, 5 à 6 grammes de la liqueur dans un verre à expériences et y laissant tomber une goutte d'oxalate d'ammoniaque, il n'y a pas eu le plus léger trouble. Toute la chaux avait disparu dans le dépôt et l'eau en était complètement débarrassée.

2° Même opération avec le carbonate de magnésie basique, même temps pour les phases d'agitation et de repos, même résultat final, avec cette différence que le trouble de l'eau était beaucoup plus fort et le dépôt plus conséquent, au fond du verre à saturation, avec le carbonate qu'avec la magnésie pure.

Ce résultat peut sembler singulier, si on considère les équations de réaction, posées sans s'occuper des proportions quantitatives.

En effet, on aurait les deux équations (*a*) et (*b*) où tout l'avantage semble être pour la magnésie pure dont la quantité nécessaire ne serait que les 20/62 de celle du carbonate basique :

(*a*) $\text{Cao, 2 Co}^2 + \text{Cao, So}^3 + \text{2 Mgo, Co}^2 = \text{Mgo, So}^3 = 2\ [\text{Cao, Co}^2] + \text{Mgo, Co}^2$

et

(*b*) $\text{Cao, 2 Co}^2 + \text{Cao, So}^3 + \text{Mgo} = \text{Mgo, So}^3 + 2\ [\text{Cao, Co}^2].$

Les deux derniers termes du second membre de l'équation (*a*) forment dépôt; dans le second membre de l'équation (*b*), le dépôt se réduit au dernier terme.

Mais les proportions quantitatives constituent, précisément, la nature d'une eau et ne peuvent être négligées. Les équations (*a*) et (*b*) sont susceptibles de ne convenir qu'au cas particulier où une eau contiendrait autant d'équivalent de carbonate que de sulfate de chaux, cas très particulier où la chaux du sulfate peut être neutralisée par l'acide carbonique combiné du bicarbonate de chaux.

En établissant les équations de réaction, à peu près, suivant la composition de l'eau expérimentée et suivant la quantité du réactif employé, on a :

$$(a') \qquad 3\,[\overset{216}{\mathrm{Cao},\,2\,\mathrm{Co}^2}] + \overset{68}{\mathrm{Cao},\,\mathrm{So}^3} + 3\,[\overset{186}{2\,\mathrm{Mgo},\,\mathrm{Co}^2}] =$$
$$= \overset{60}{\mathrm{Mgo},\,\mathrm{So}^3} + 5\,[\overset{200}{\mathrm{Mgo},\,\mathrm{Co}^2}] + 4\,[\overset{210}{\mathrm{Cao},\,\mathrm{Co}^2}] \qquad (1)$$

et

$$(b') \qquad 3\,[\overset{216}{\mathrm{Cao},\,2\,\mathrm{Co}^2}] + \overset{68}{\mathrm{Cao},\,\mathrm{So}^3} + \overset{200}{10\,\mathrm{Mgo}} =$$
$$= \overset{60}{\mathrm{Mgo},\,\mathrm{So}^3} + 2\,[\overset{84}{\mathrm{Mgo},\,\mathrm{Co}^2}] + 4\,[\overset{200}{\mathrm{Cao},\,\mathrm{Co}^2}] + \overset{140}{7\,\mathrm{Mgo}}.$$

Les deux derniers termes du second membre de l'équation (*a'*), qui représentent des carbonates neutres de magnésie et de chaux, se déposent il en est de même pour les trois derniers termes de l'équation (*b'*), qui représentent des carbonates neutres et un excès de magnésie qui n'a pas servi.

Il semble ressortir, de là, que la magnésie pure n'a pas une action aussi facile et aussi complète, sur les eaux ordinaires, que son carbonate basique. Celui-ci est d'autant plus avantageux que les eaux sont plus séléniteuses, puisqu'il peut arriver, quand la quantité du sulfate l'emporte sur celle du carbonate dans la composition de l'eau à épurer, que des parties de chaux, abandonnées par l'acide sulfurique, manquent de parties d'acide carbonique, qu'elles trouvent dans le carbonate basique de magnésie mais qu'elles ne sauraient trouver dans la magnésie pure qui ne peut compléter l'épuration.

$$\text{Ex :} \qquad \overset{72}{\mathrm{Cao},\,2\,\mathrm{Co}^2} + 2\,[\overset{136}{\mathrm{Cao},\,\mathrm{So}^3}] + \overset{200}{10\,\mathrm{Mgo}} =$$
$$= 2\,[\overset{120}{\mathrm{Mgo},\,\mathrm{So}^3}] + 2\,[\overset{100}{\mathrm{Cao},\,\mathrm{Co}^2}] + \overset{28}{\mathrm{Cao}} + \overset{160}{8\,\mathrm{Mgo}}.$$

Donc, il vaut mieux, en général, employer le carbonate de magnésie basique qui, d'ailleurs, est un peu moins cher que la magnésie pure.

1. Comme rigueur d'exactitude, les deux derniers termes du premier membre de l'équation (*a'*) devraient avoir des coefficients comme suit :

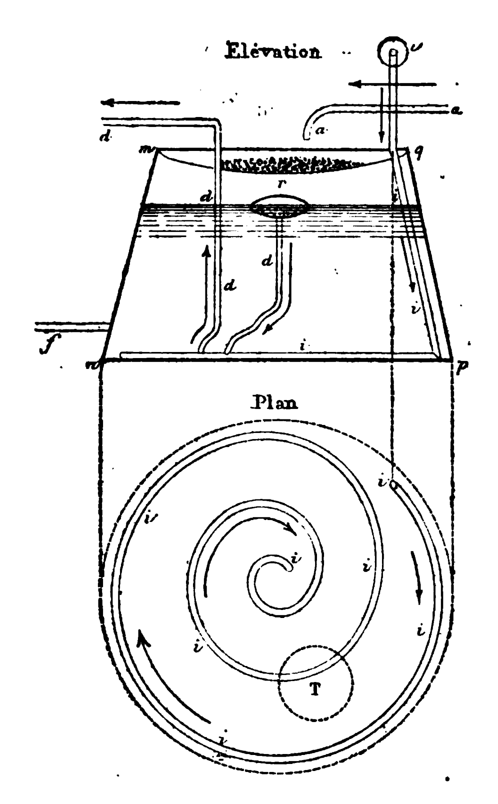
$$+\ 0.74\,[\overset{50}{\mathrm{Cao},\,\mathrm{So}^3}] + 3.3\,[\overset{204}{2\,\mathrm{Mgo},\,\mathrm{Co}^2} = \text{etc.}];$$

Par ce réactif (le carbonate), on peut épurer le mètre cube d'eau analogue à celle sus-expérimentée avec 200 grammes de matières et au prix de 2 à 3 centimes.

L'appareil de M. le baron de Derschau, qui vous a été présenté l'année dernière, est très ingénieusement conçu en vue de l'épuration magnésienne. Mais, il n'est pas indispensable d'employer, comme il le fait, des filtres dont le nettoyage et le garnissage sont minutieux, dispendieux et peuvent, même, être négligés.

Une simple agitation et la décantation naturelle dans des cuves, comme vous l'a indiqué M. Prosper Closson, est le procédé courant employé par quelques-uns des plus importants établissements industriels de Saint-Denis (Seine).

On a deux cuves d'épuration *mnpq* (voir le croquis et la légende ci-dessous).



mnpq — Cuve en tôle ou bois avec trou T, au fond, pour évacuer les dépôts.

a — Tuyau d'arrivée de l'eau à épurer.

m r q — Toile sur laquelle on met le réactif,

iiii — Tuyau injecteur barboteur, en spirale sur le fond de la cuve percé de trous tout le long de la spirale.

f — Tuyau de vidange de l'eau épurée pris à 12 c/m du fond de la cuve.

r — Flotteur entonnoir suivi du tuyau *dddd*.

Chaque cuve reçoit, par le tuyau d'amenée *a*, l'eau à épurer, qui barbote, en tombant, sur le réactif placé sur une toile *m q*. Quand la cuve est pleine, on ferme le tuyau d'amenée et on ouvre l'injecteur barboteur *iiii* qui fonctionne pendant vingt ou vingt-cinq minutes. On arrête, alors, ledit injecteur et on laisse déposer pendant deux heures. L'eau passe du blanc laiteux à une limpidité complète, et les carbonates neutres de chaux et de magnésie se déposent sur le fond de la cuve. On vide l'eau épurée par le tuyau *d d* dont la prise est à 12 ou 15 centimètres du fond, ou, ce qui vaut beaucoup mieux, par le tuyau *d d d d* muni d'un entonnoir flotteur *r*.

Pendant qu'on épure dans une cuve, on alimente avec l'autre cuve pleine d'eau épurée, et réciproquement.

Avec deux cuves d'une capacité de 2 mètres cubes chaque, on épure, par vingt-quatre heures, 38 mètres cubes environ, c'est-à-dire la quantité nécessaire pour 113 chevaux de force. Avec deux cuves de 5 mètres cubes chaque, on arriverait à 96 mètres cubes, quantité nécessaire pour environ 280 chevaux de force.

L'installation est très simple et peut être faite par chaque industriel sans beaucoup de frais.

On laisse accumuler les dépôts au fond des cuves, pendant plusieurs jours, pour profiter des parties de réactif qui n'auraient pas servi. D'ailleurs, ces dépôts, brassés avec ceux qui se forment à chaque épuration, aident à leur précipitation. On ne les enlève que quand ils deviennent gênants et boueux.

Nous croyons que la décantation naturelle est préférable au filtrage, parce que nous avons expérimenté que le papier filtre, dit Berzélius, quoique très fin, ne captait pas toutes les petites molécules d'aragonite quand le contact entre le réactif et l'eau à épurer n'avait pas été suffisant.

L'injecteur barboteur, dont nous avons parlé, n'est qu'un moyen mécanique commode d'agitation et l'échauffement de l'eau, qu'il produit, n'est pas nécessaire à la réaction. Un agitateur mécanique, comme en ont les grandes compagnies de chemins de fer, pour l'épuration à la chaux, produirait le même effet et ces compagnies pourraient essayer l'épuration au carbonate basique de magnésie sans presque rien changer à leurs installations.

M. Herscher. J'ai reçu aujourd'hui, de Saint-Pétersbourg, une lettre qui se trouve être la critique de la communication que nous venons d'entendre. Cette lettre vise même directement celle-ci, ce qui est dû à un commentaire anticipé de la communication de M. Chancerel, qui a paru, dès le 5 avril, dans le journal *le Bulletin des Mines*.

Je suis, en ce qui me concerne, bien aise de cet incident inopiné, qui permet à notre collègue, M. de Derschau, de répliquer immédiatement et très justement, suivant moi, à M. Chancerel.

M. Chancerel. Je vais expliquer comment ce travail a paru dans ce journal. J'avais communiqué, en effet, cette note à un ingénieur des mines,

parce que ma communication devait passer il y a quinze jours. N'ayant pu la présenter à la dernière séance, j'ai eu grand soin, en sortant, d'écrire une lettre audit ingénieur des mines pour qu'il ne publie rien; mais ma lettre est arrivée trop tard, et il a fait paraître dans le *Bulletin des Mines* un extrait de ma communication, lequel, du reste, n'est pas tout à fait conforme à ce que j'ai dit.

M. Herscher. Je vous demande la permission de lire la lettre de M. de Derschau, en ce qui a rapport au sujet qui nous occupe.

Vous vous rappelez que cet ingénieur distingué nous a fait, en 1882, une communication fort intéressante sur l'épuration, par la magnésie, de l'eau destinée à l'alimentation des chaudières à vapeur. MM. de Derschau et Bohlig sont les inventeurs de ce procédé, dont ils ont expliqué clairement la supériorité pour le traitement de toutes les eaux terrestres en général.

Voici, maintenant, la lettre de M. de Derschau :

« Tout en remerciant M. Chancerel de la manière chaleureuse dont il défend l'importance de la magnésie, comme réactif pour précipiter les sels calcaires, je suis, par suite de mon expérience personnelle, bien loin de partager sa manière de voir. M. Chancerel fait ses efforts pour prouver qu'il y aurait économie et amélioration à substituer les cuves à décantation aux colonnes filtrantes de M. de Derschau.

« Cette conclusion est entièrement inexacte. Depuis l'année 1877 j'ai commencé moi-même à me servir, pour épurer l'eau, de cuves de décantation; les résultats obtenus étaient déjà satisfaisants, mais le procédé lui-même présente divers inconvénients.

« 1° La décantation exige au moins quatre heures et non deux, comme le prétend M. Chancerel, plus une heure pour remplir et une autre heure pour vider la cuve, selon le diamètre des tuyaux d'amenée de l'eau; bref, il faut compter pour chaque opération six heures et non deux.

« 2° Pour épurer dans une cuve, à la fois, 10 mètres cubes d'eau, il faut donner à cette cuve une capacité d'au moins 12 mètres cubes, attendu qu'elle ne peut être ni entièrement remplie, ni entièrement vidée pour ne pas entraîner les dépôts.

« D'un autre côté, la hauteur de la couche d'eau ne doit pas dépasser quatre-vingt-dix centimètres, autrement l'agitation est incomplète; ainsi pour obtenir par opération 10 mètres cubes d'eau, la cuve devrait avoir au fond 12 mètres carrés et demi sur une hauteur de un mètre; en vingt-quatre heures, deux de ces cuves, avec un travail continu, produiraient 120 mètres cubes d'eau épurée, volume nécessaire pour alimenter une chaudière à vapeur de 300 chevaux; il est donc évident qu'il y a erreur à supposer que deux cuves de 5 mètres cubes chacune suffiraient pour le même but. Ce que j'annonce est basé sur l'expérience de plusieurs années, tandis que M. Chancerel n'émet que des suppositions.

« 3° La manière dont M. Chancerel propose d'employer la magnésie en garnissant le haut de la cuve d'une toile couverte de magnésie à moitié calcinée dont on règle la quantité en raison de la capacité de la cuve et sur

laquelle on fait arriver l'eau qui entraîne en détail le réactif, n'est point admissible par la simple raison que la magnésie n'a d'action sur les bicarbonates de l'eau qu'à l'état hydraté, ce qui exige une opération préalable d'au moins six jours. A cet effet, la poudre de magnésie est mêlée d'avance avec de l'eau dans la proportion de 1 à 3 ; le mélange doit être bien remué. Après vingt-quatre heures, l'action chimique commence, ce qui est accusé par un réchauffement s'élevant jusqu'à 45 degrés ; c'est donc à l'état de lait de magnésie que le réactif doit être employé, autrement la magnésie sans l'hydratation préalable n'a point d'action ou seulement du moins une bien faible.

« 4° M. Chancerel croit pouvoir se servir de la magnésie à moitié calcinée ; or, comme l'action des carbonates sur les bicarbonates est nulle, la quantité de magnésie non calcinée peut être considérée comme un *corps mort* et inutilement employé, de sorte qu'au lieu de 4 centimes, le prix de revient de son réactif de magnésie reviendrait à 8 centimes par mètre cube d'eau épurée.

« 5° L'épuration, au moyen de la décantation, n'étant point automatique, exige un service assidu et des ouvriers spécialement attachés à ce service au nombre de deux si l'épuration doit avoir lieu nuit et jour, ce qui entraîne à une dépense sérieuse d'au moins six francs par vingt-quatre heures, tout en restant plus ou moins à la merci de la ponctualité des ouvriers.

« En présence des faits ci-dessus énoncés, après de longues recherches, j'ai acquis la certitude que l'épuration par filtration au moyen de l'appareil que j'ai eu l'honneur de soumettre à l'appréciation de la Société des Ingénieurs civils présente un perfectionnement et les avantages suivants :

« 1° L'appareil, une fois en train, n'exige aucune surveillance spéciale, il marche automatiquement plusieurs jours jusqu'au moment où la charge de la masse épuratrice dans le premier cylindre est entièrement épuisée.

« Pour décharger et charger de nouveau un cylindre, il suffit d'une heure sans interrompre la marche de l'appareil ; ainsi, la dépense de six francs par jour pour deux ouvriers est épargnée, ce qui présente une économie de près de deux mille francs par an ; sur cette somme, on pourrait prélever six cents francs pour l'ouvrier qui serait chargé de préparer la masse épuratrice et de la charger tous les six jours dans l'appareil.

« 2° L'eau épurée sort du dernier cylindre entièrement libre de sel de chaux et de tout mélange. La crainte de M. Chancerel du facile entraînement du carbonate de chaux à travers les pores de tous les filtres est illusoire ; en effet le carbonate de chaux se dépose non à l'état amorphe, mais en cristaux insolubles et adhérents à la sciure de bois.

« 3° L'emplacement des cuves exige pour le même volume d'eau, un espace six fois plus grand que celui d'un appareil automatique.

« 4° M. Chancerel vise à se passer de cet appareil qu'il trouve un peu coûteux. Il y a cependant économie réelle à l'employer.

« Sans prendre en considération les petites cuves insuffisantes proposées par M. Chancerel, mais en supposant des cuves comme le besoin l'exige,

c'est-à-dire de 12 mètres cubes et demi pour une machine de 300 chevaux; d'autre part, en construisant ces cuves en tôle et en comprenant l'injecteur ou un mélangeur, elles coûteraient au moins 2,500 francs, tandis que la batterie n° 3 avec filtre, coûte 5,000 francs.

« Soit une augmentation de 2,500 francs comme premier débours; mais, par contre, l'économie annuelle d'environ 1,400 francs sur les frais de personnel fait beaucoup plus que compenser ces premières dépenses; sans parler même des frais nécessités par l'établissement des planchers supportant les cuves, de l'emplacement occupé, et des conséquences d'un fonctionnement non automatique.

« Quant à l'expérience à petite échelle, faite avec cent grammes d'eau ordinaire de Paris, je suis étonné que M. Chancerel croie avoir annoncé quelque chose de nouveau; il ne fait que constater ce que j'ai annoncé depuis plus de sept ans. De même, le système d'épurer par décantation n'est qu'une répétition de ce que j'ai pratiqué et jugé indispensable de perfectionner, surtout lorsqu'il s'agit de grandes installations d'usines ou de chemins de fer, pour lesquels cas le système des cuves n'est pas praticable, en raison des grands volumes d'eau à épurer. »

M. Chancerel. Il y a évidemment une erreur dans ce que dit M. de Derschau, quand il se figure qu'il faut employer de la magnésie non calcinée. La magnésie en poudre agit parfaitement bien.

M. Herscher. M. de Derschau ne conteste nullement l'efficacité de la magnésie obtenue par calcination, mais bien l'action du carbonate de magnésie sur le bicarbonate de chaux au point de vue de l'épuration.

Le carbonate de magnésie, en présence du bicarbonate de chaux ne produit pas d'effet utile; c'est la magnésie seulement qui peut ici agir efficacement. Le carbonate de chaux se dépose, et le carbonate de magnésie formé, agit à son tour sur le sulfate de chaux, pour produire du sulfate de magnésie soluble et cela sans inconvénient en même temps que du carbonate de chaux qui se dépose. La matière épuratrice doit être d'ailleurs préparée suivant les indications de M. de Derschau, que je ne prétends pas rappeler ici dans leur entier.

Un fait que je puis cependant citer est que, pour épurer l'eau prise à Aubervilliers, en employant la matière indiquée par M. Closson, et qui n'était en réalité qu'un mélange de magnésie et de carbonate de magnésie, il était nécessaire d'employer 600 grammes de ce mélange par mètre cube d'eau à épurer, alors qu'avec l'épurateur de Derschau, 200 grammes de magnésie suffisaient.

M. Chancerel. C'est parce que j'ai vu que les résultats obtenus par M. Closson n'étaient pas très nets que j'ai agi autrement. D'abord, M. Closson fabriquait sa magnésie; cette magnésie n'était jamais à un titre régulier, variait de 80 pour 100 jusqu'à 40 pour 100; ce n'était donc pas un produit sérieux, et je n'ai rien pu faire avec sa magnésie; c'est seulement quand j'ai eu connaissance d'un produit pur que j'ai fait des expériences. J'ai calciné moi-même ce morceau que vous avez sous les yeux. J'ai pris le quart ou bien

la moitié du poids, et je n'étais pas bien loin de la vérité. C'est avec ces deux magnésies, la magnésie calcinée ayant chassé l'acide carbonique, ou bien n'en ayant chassé que la moitié, que j'ai fait l'expérience. Vous avez un grand nombre d'établissements à Saint-Denis qui se servent de ce procédé-là.

M. Herscher. Ce procédé n'est pas autre chose que celui de M. Closson, tel qu'il l'a exposé devant notre Société dans sa dernière communication; et je viens de rappeler pour quelles raisons, à moins de quantités excessives de matières supposées épuratrices, l'eau ne peut pas être débarrassée complètement de ses sels de chaux.

M. Chancerel. Je vous le démontrerai quand vous voudrez.

M. Regnard. Lorsqu'on traite par l'acide oxalique des eaux épurées par les procédés dont il vient d'être parlé, il se forme encore un précipité très notable. — On précipite sans doute, alors, de l'oxalate de magnésie, puisque nous voyons que le premier effet des réactions indiquées dans toutes les formules qui viennent d'être exposées par M. Chancerel, est une production de sulfate de magnésie, qui est très soluble dans l'eau; je voudrais savoir ce que ce sel devient dans la chaudière; car, à force d'alimenter les chaudières avec cette eau, j'aperçois un double et grave danger pour elles, dans le cas du moins où on utilise, comme dans les sucreries, des retours d'eau de condensation pour une partie de l'alimentation des chaudières.

Ce danger consiste dans la production de savons calcaires, pulvérulents non adhérents. Les dépôts qui sont formés par ces matières grasses, lorsqu'ils entrent dans leur composition avec la magnésie, donnent une poudre qui constitue pour la chaudière une cause de danger plus grande, à mon avis, que les dépôts adhérents. D'un autre côté, cette formation de savons calcaires, par l'action des matières grasses sur le sulfate de magnésie, met certainement en liberté une certaine quantité d'acide sulfurique, et je demande quelle sera la réaction qui se produira sur les chaudières? Des corrosions intérieures ne sont-elles pas à craindre? Il est évident qu'il sera nécessaire tout au moins d'avoir recours à des purges fréquentes pour se garantir contre les deux dangers que je viens de signaler.

M. Chancerel. Ces dangers sont les mêmes quand on se sert du carbonate de soude.

M. Regnard. Ce n'est pas mon avis, parce que les savons formés par la chaux et la soude se mouillent par l'eau. Si vous prenez un dépôt pulvérulent contenant de la chaux et de la soude, en combinaison avec la matière grasse et que vous mettiez cette poudre dans l'eau, il se forme de suite une sorte de boue; tandis que, lorsqu'il entre de la magnésie dans un tel savon calcaire, ces dépôts, une fois à l'état de poudre, ne sont plus capables d'être mouillés par l'eau. C'est là qu'est le danger, et cela a causé de véritables désastres dans des générateurs d'ailleurs extrêmement bien faits. Cette matière pulvérulente se dépose au fond des chaudières, lorsqu'on interrompt la chauffe, et lorsqu'on met de nouveau la chaudière en feu, la tôle est incapable d'être mouillée pendant très longtemps, et on brûle les chaudières

d'une façon absolument incompréhensible. Dans une grande usine, que je pourrais citer, c'est seulement après avoir brûlé et réparé, à plusieurs reprises toute une batterie de chaudières, qu'on a découvert la cause de ces accidents, qui était celle que je viens de signaler et à laquelle peut-être sont dues bien des explosions dont la cause est restée ignorée. Or il paraît que des faits analogues ont été observés en Allemagne, et qu'on a reconnu que ces dépôts pulvérulents et gras, non susceptibles d'être mouillés par l'eau, provenaient d'eaux contenant de la magnésie. Je répète que ma critique porte seulement, d'ailleurs, sur le cas où on fait usage des retours d'eau pour une partie de l'alimentation, comme dans les sucreries, par exemple.

M. Herscher. Cette dernière distinction a son importance, en ce sens que le danger signalé provient alors non pas de la présence de la magnésie plutôt que de la soude ou même de la chaux, mais de l'emploi d'eaux contenant des matières grasses, pour l'alimentation des chaudières.

Et, en ce qui concerne particulièrement l'usage d'eaux ordinaires, épurées par le procédé de Derschau, je me permettrai de renvoyer au mémoire de cet ingénieur, mémoire dans lequel, à propos de locomotives alimentées par des eaux naturellement incrustantes, mais épurées par la magnésie, on lit ceci :

« Les locomotives d'expériences, après un parcours de 7,000 kilomètres, étant purgées seulement tous les dix jours, étaient intérieurement libres d'incrustation, sauf un dépôt inadhérent et liquide de magnésie. L'évaporation était tranquille, sans entraînement d'eau par la vapeur. »

M. Regnard. Il s'est passé dans une de nos colonies un fait analogue, dont j'ai eu récemment connaissance. Plusieurs locomotives alimentées avec de l'eau un peu magnésienne, ont donné naissance à un dépôt assez abondant et pulvérulent. L'accumulation, vers le bas du foyer, de ce dépôt, a constitué un danger dans les premiers temps; on s'en est heureusement aperçu, et il est facile de s'en débarrasser par des purges fréquentes. La présence de la magnésie dans les eaux calcaires produit un dépôt non adhérent, mais peut-être plus dangereux dans certains cas, je le repète, parce qu'une fois déposé pendant un temps d'arrêt de la chaudière, il produit une séparation entre la tôle et l'eau, ce qui est dangereux pour les tôles exposées aux coups de feu.

M. Herscher. Les observations faites pendant plusieurs années sont concluantes en faveur du procédé de Derschau, et je ne connais aucun reproche, fondé en fait, sur l'emploi de ce système. La seule raison pour laquelle il n'est pas usité en France, c'est qu'on n'y peut pas avoir de magnésie.

M. Regnard. J'en ai travaillé une centaine de tonnes, il y a quelques années; j'ai fabriqué des milliers de briques de magnésie, sous la direction de notre regretté collègue, M. Tessié du Motay. Cette magnésie venait d'Eubée; je crois qu'on peut l'avoir en grande abondance.

Il est vrai que ce n'est qu'un carbonate et non pas de la magnésie pure. Mais il me semble qu'on en peut tirer facilement de la magnésie et à un prix abordable.

M. Derennes. A l'appui de ce que dit M. Chancerel sur l'efficacité de son procédé, je dois dire que j'ai examiné de l'eau épurée provenant de l'une des usines où il est appliqué, à Saint-Denis, et que cette eau ne contient pour ainsi dire plus de sels de chaux. La magnésie, plus ou moins calcinée, d'après la méthode qui vient d'être indiquée, élimine donc bien les sels de chaux.

Il reste, bien entendu, du sulfate de magnésie en quantité équivalente au sulfate de chaux contenu dans l'eau avant épuration. Ce sel ne me paraît pas présenter des inconvénients plus graves que les autres sels très solubles, tels que le sel marin, ou aussi le sulfate de soude, introduit dans les eaux par l'épuration à la chaux mélangée de soude. Mais l'eau épurée garde en outre, en dissolution, une proportion sensible de magnésie à l'état de carbonate ou d'hydrate.

Ainsi, qu'on épure à la magnésie une eau ne contenant pas de sulfate de chaux, mais seulement du carbonate, après traitement on ne trouvera plus de chaux, mais il restera une petite quantité de magnésie presque équivalente à la quantité de carbonate de chaux contenue avant l'épuration.

Cette magnésie dissoute doit se déposer dans les chaudières comme le fait le carbonate de chaux; ce dépôt a-t-il été observé? Est-il adhérent ou pulvérulent?

Quant au fait, signalé par M. Regnard, de poudres non mouillées par l'eau, il a été observé souvent même avec des eaux ne contenant que du carbonate de chaux.

Plusieurs de nos collègues ont cité ici même des faits de ce genre, entre autres MM. Champion et Pellet, si je ne me trompe, et surtout, plus anciennement, M. Joseph Farcot.

Ce dernier a décrit avec beaucoup de détails les accidents prolongés survenus à une chaudière établie par lui à Pont-Remy, accidents auxquels la magnésie était certainement étrangère, et qui ont été attribués à la présence d'un peu de matières grasses. Il se produisait une poudre calcaire impalpable, non mouillée par l'eau; des tôles étaient corrodées et brûlées, des fuites se déclaraient, etc. On dut faire, coup sur coup, à six ou sept reprises, des réparations très dispendieuses à cette chaudière neuve, et enfin la remplacer.

M. Chancerel. S'il reste de la magnésie dans l'eau épurée, elle doit être à l'état de sulfate.

M. Derennes. Je parle d'une eau ne contenant pas de sulfate de chaux. Je prends une eau ne contenant que du carbonate de chaux ayant un titre hydrotimétrique de 25°; je l'épure à la magnésie; après ce traitement, elle ne contient plus de chaux et elle a encore 20 degrés hydrotimétriques. Elle doit donc produire un dépôt dans les chaudières.

M. Chancerel. Ce que vous dites au sujet de l'hydrotimètre ne prouve rien : c'est un instrument qui marque le degré équivalent de toutes les matières qui se trouvent dans l'eau.

M. Derennes. Je prends de l'eau ne contenant pas de sulfate de chaux.

M. Chancerel. La magnésie n'est plus indispensable à l'épuration, dans ce cas-là; il vaut mieux alors épurer à la chaux.

M. Derennes. Sans doute; mais le procédé d'épuration à la magnésie ayant pour grand avantage d'éviter toute espèce de dosage, il serait intéressant, dans bien des cas, d'épurer à la magnésie, si l'épuration se faisait d'une manière complète. Or, je dis qu'une eau moyennement chargée en carbonate de chaux contient, après le traitement à la magnésie, presque autant de magnésie qu'elle avait de chaux avant l'épuration.

M. Herscher. On peut trouver de la magnésie en suspension dans l'eau quand on procède par décantation. Mais cet entraînement est évité par le procédé de M. de Derschau, la masse épuratrice ayant pour effet de filtrer l'eau et de retenir le carbonate de magnésie en suspension.

M. Derennes. MM. Chancerel et de Derschau ne sont pas d'accord sur le temps nécessaire à la décantation : ce temps est très variable suivant la nature des eaux et sous l'influence de causes multiples; il y a des eaux qui s'éclaircissent au bout d'un temps très court, et d'autres, seulement après un temps très long; de même il y a des eaux qui, avec un excès de chaux, s'éclaircissent tout de suite et qui ne s'éclairciraient pas autrement.

M. le Président remercie M. Chancerel de sa communication. Les discussions très intéressantes qui viennent d'avoir lieu ont conduit la séance un peu loin; je crois qu'il ne faut pas commencer la discussion de la communication de M. Périssé : d'autant plus qu'il y a plusieurs personnes qui désirent prendre la parole sur ce sujet; je vous demanderai donc de remettre cette discussion à la séance prochaine.

MM. Chouanard, Lallement, Thiré et Touchet ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à dix heures et demie.

LA

TRAVERSÉE DES ALPES

PAR

LE GRAND SAINT-BERNARD

(COL FERRET)

PAR LE BARON M. DE **VAUTHELERET**, INGÉNIEUR.

Notre Société, par diverses communications qui lui ont été faites, a été à même d'apprécier l'importance qu'apporterait à nos relations internationales l'ouverture d'une nouvelle percée des Alpes, aussi, serai-je bref en fait de considérations générales, me bornant à démontrer que mon projet n'a en vue que de faciliter les relations, de multiplier les moyens de transport, d'augmenter les échanges entre les nations, en un mot, d'arriver autant que possible à faire bien et beaucoup en peu de temps et à peu de frais.

Depuis un demi-siècle les chemins de fer ont prouvé qu'ils constituaient l'instrument le plus énergique du développement du commerce et de l'industrie. Ils ne sont pas seulement le plus puissant véhicule de la production de tous les peuples, ils apportent encore, partout où ils passent, une augmentation de bien-être pour les populations des villes et des campagnes et exercent une influence considérable sur toutes les branches de l'activité humaine.

Les grandes lignes ferrées internationales de circulation et de locomotion sont devenues l'âme de l'industrie européenne.

Qui pouvait prévoir, il y a cinquante ans, que le nouveau système de traction deviendrait aussi rapidement la plus grande puissance industrielle qu'ait possédée le monde?

Depuis cette époque, le nombre des voies de communication n'a fait

que s'accroître ; chaque jour pourtant voit naître de nouveaux besoins et révèle l'existence de bien des lacunes dans les réseaux européens et dans les grandes lignes internationales.

Aujourd'hui le commerce et l'industrie demandent à la fois l'abaissement des tarifs et la création de nouvelles lignes afin d'ouvrir de nouveaux débouchés au travail.

Mais l'abaissement des tarifs et la multiplication des lignes ne sont pas les seules questions en jeu dans l'industrie des transports ; pour bien juger, en effet, de la valeur d'une ligne, avant même son exploitation, il faut aussi tenir compte des facilités de déplacements et de la nature des services offerts au public.

Déjà nous avons vu les diverses Compagnies faire des dépenses considérables pour donner satisfaction aux voyageurs, tant au point de vue de la sécurité et du confort que de la vitesse et de la multiplicité des trains ; mais ce n'est pas assez. Le grand courant de l'industrie moderne réclame encore avec instance la création de nouvelles voies de communications rapides entre la Manche et la Méditerranée, entre le Nord et l'Adriatique.

Avant le percement du Gothard, qui, du reste, ne répond guère qu'aux intérêts de l'Allemagne et qui est préjudiciable à ceux de la France, avant cette percée, et pour faire face à l'énorme mouvement de marchandises arrivant du Levant, il n'existait guère que deux voies bien directes : celle de Paris à la Méditerranée ayant sa tête à Marseille, et celle du Mont-Cenis pénétrant au centre de l'Italie. Encore, cette dernière est-elle incomplète au point de vue des intérêts internationaux et se trouve-t-elle, pour ainsi dire régionale. Aussi, encombrements continuels dans les gares, retards préjudiciables à la fois au destinataire et à l'expéditeur, accroissement considérable de frais, entraves dans les transactions et les échanges ; telles sont les conséquences.

Les inconvénients qui résultent de cet état de choses se compliquent aujourd'hui de la concurrence étrangère. En effet, qu'est-il arrivé ? Aussitôt l'ouverture de la ligne du Gothard les étrangers se sont jetés sur cette nouvelle voie en raison des retards apportés par nos transports, de l'élévation de nos prix due à la multiplicité des frais. Les produits Anglais, Français et Italiens en passant par le Mont-Cenis ne sont plus arrivés sur certains marchés qu'avec plusieurs jours de retard, et encore à des taux plus élevés que ceux de l'Allemagne.

Une nouvelle ligne centrale à travers les Alpes, en assurant la régularité et la rapidité des transports, permettra une grande économie de frais pour les marchandises pénétrant, soit en France, soit en Italie.

Il est bien établi qu'une nouvelle percée des Alpes est devenue nécessaire, cela est aujourd'hui hors de toute discussion.

La ligne du Grand Saint-Bernard, qui fait l'objet de cette communication est, à notre avis, la plus avantageuse à tous les points de vue, pour les grands intérêts français. En ce qui concerne à la fois la dépense à faire, le délai d'exécution et les difficultés techniques à vaincre, c'est le Grand Saint-Bernard qui l'emporte sur tous les projets rivaux mis en avant. Bien plus, la ligne ferrée du Grand Saint-Bernard deviendra par la force même des choses la plus grande artère, la seule voie réellement centrale, pour les échanges internationaux.

Tout le monde sait aujourd'hui que la ligne du Gothard a pour la France une influence pernicieuse, et lui enlève sa suprématie en Italie, au point de vue commercial, en détournant de ses chemins de fer une grande partie du transit de l'Occident vers l'extrême Orient. La percée du Mont-Cenis assurait en effet aux produits Français la première place en Italie ; maintenant cette dernière est inondée de produits Allemands, établis dans des conditions de main-d'œuvre extraordinaires, avec lesquelles on ne pourra lutter que par des moyens de transports moins longs et par conséquent plus économiques.

C'est en songeant à cette concurrence que le Gothard ferait un jour au commerce Français, c'est en pensant à l'écoulement facile de l'énorme stock de marchandises que l'Allemagne possédait, à la facilité de débouchés qu'il procurerait aux houillères rhénanes, au détriment de celles du bassin de la Loire, que, dès 1870, nous avons cherché s'il n'y avait pas moyen de remédier à ce menaçant état de choses par une nouvelle percée des Alpes qui nous assurât à tout jamais contre une semblable situation.

Le résultat de nos recherches et de nos études nous a conduit à fixer notre choix sur la ligne directe du Grand Saint-Bernard (col Ferret) comme étant, à notre avis, la plus avantageuse de toutes les voies proposées.

Trois projets sont en présence et comportent un tunnel principal dont les longueurs respectives sont :

Pour le Grand Saint-Bernard. . . .	9,485	mètres.
Pour le Mont-Blanc.	19,220	»
Pour le Simplon	20,000	»

La longueur de ces deux derniers tunnels est vraiment considérable. Ils ont 4,320 mètres et 5,100 mètres de plus que le Gothard. Il est vrai que de nos jours, l'on s'habitue à dire que rien n'est impossible, mais il est incontestable que si l'entreprise n'est pas *matériellement impossible*, cet énorme accroissement de longueur la rend bien plus onéreuse, bien plus aléatoire, et en tous cas, la met hors des limites de prévision, si nous pouvons nous exprimer ainsi.

En effet, tant que l'on ne dépasse pas la limite de 8 ou 10 kilomètres pour la longueur d'un tunnel, de nombreux exemples permettent d'en prévoir assez exactement la dépense. Au delà de cette limite, il est bien difficile, pour ne pas dire impossible, de se rendre compte du prix de l'œuvre ; les questions de difficultés aléatoires augmentent d'une façon beaucoup plus rapide que l'allongement du souterrain ; la dureté des roches, les éboulements, les infiltrations d'eaux, les difficultés d'aérage, les hautes températures sont autant d'obstacles à surmonter. L'exemple du Mont-Cenis et du Gothard prouve bien que l'on peut construire de longs tunnels, mais les mécomptes qui s'y sont rencontrés sont bien connus, et si l'on compare le décompte définitif avec le devis, l'on trouve un écart hors de proportion avec ce que l'on doit attendre d'une œuvre sérieusement étudiée.

Une des grandes difficultés des traversées Alpines réside dans la haute température qui règne par suite de la hauteur du massif montagneux qui surmonte le souterrain.

Cette question n'est pas toujours appréciée à sa juste valeur, et cependant elle peut devenir capitale et même motiver le rejet complet d'un tracé.

L'exemple du percement du Gothard est là pour nous éclairer, et il est corroboré par ce qui s'est passé au Mont-Cenis. Si cette dernière percée a fait moins de bruit, au sujet des accidents dont nous voulons parler, c'est que l'opinion était alors préoccupée par les graves événements qui s'accomplissaient en Europe et que la période dangereuse

du travail avait été atteinte depuis peu lorsque les deux galeries d'avancement se sont rencontrées.

Quand on pense qu'au Gothard, les tableaux de contrôle et de statistique accusaient l'énorme proportion de 60 pour 100 d'ouvriers malades par suite de la chaleur souterraine, l'on est frappé de stupeur et l'on se sent arrêté avant de jouer de nouveau avec tant de vies humaines.

A mesure que l'on s'enfonce dans le sol la chaleur augmente en raison de l'état d'ignition du noyau terrestre; mais aucune loi physique n'a encore été trouvée sur l'accroissement de la chaleur. Les mines en exploitation, dont quelques-unes ont des puits foncés à une profondeur considérable pourraient fournir quelques renseignements à ce sujet, mais ce travail, déjà entrepris par Humboldt, Arago, etc., présente de grandes divergences, en raison des conditions dans lesquelles se trouvent les différentes mines.

Arago a bien posé d'une façon empirique que la température des roches augmente en moyenne de 1 degré centigrade par 30 mètres de profondeur, mais il y a des écarts tellement grands que l'on ne peut poser son opinion comme une loi, ce à quoi il se refuse lui-même.

Dans la question qui nous occupe, celle du percement d'un souterrain Alpin, ce qu'il importe de savoir, c'est si l'on peut prévoir quelle température interne atteindra la roche, et par suite, dans quelles conditions thermiques pourra s'effectuer le travail.

Au Mont-Cenis comme au Saint-Gothard les effets de la température ont commencé à devenir inquiétants dès que l'on a atteint 29 degrés centigrades.

D'autres causes viennent encore ajouter à l'effet de la température de la roche; l'espace restreint où s'effectue le travail sur lequel il y a une trop grande agglomération d'hommes, les lampes des mineurs, les explosions des mines, etc., ce qui fait que la température maximum régulière a été de 32°5 au Gothard.

Les fortes températures ont pour effet de saturer l'air d'humidité par la transformation en vapeurs de tous les suintements, et l'on a constaté que cette humidité était jusqu'à neuf fois supérieure à celle de l'extérieur.

Dans ces conditions le travail devient pénible, sinon impossible, et il se manifeste des troubles qui finissent par ruiner la santé de l'homme le plus robuste, lorsqu'il peut y résister.

Et puis, que faire, quel travail demander à des hommes dont les

pulsations atteignent le chiffre de 150 par minute (chiffre normal : 70); avec une température corporelle de 40° (température normale : 37°5).

Aussi, au Saint-Gothard, fut-on obligé de ne plus faire travailler les ouvriers que 2 jours sur 3, et de réduire les heures de travail par jour de 7 à 5, tout en augmentant les salaires de 25 pour 100.

Aussi partageons-nous l'avis du docteur Giaccone lorsqu'il dit que, « au Gothard, on a atteint l'extrême limite du supportable. En essayant « d'aller plus loin on se lancerait inévitablement dans une malheu- « reuse aventure d'autant plus terrible et inexcusable qu'elle serait « prévue. »

Est-il possible maintenant de prévoir la température que l'on rencontrera dans les souterrains proposés pour la nouvelle percée des Alpes? Leur position entre le Mont Cenis et le Gothard, dans le même massif, ne peut-elle être soumise à la même loi que l'on a trouvée pour ceux-ci?

Évidemment oui, jamais calcul basé sur des probabilités n'aura eu plus de chance de se vérifier.

En suivant les données de MM. Sonderegger, Stenevier, Giaccone, Heim, Stœckalper, Stapff, etc., nous résumons ainsi à grands traits les observations et les calculs de ces messieurs :

Au Simplon, pour le dernier tracé proposé, la température dépassera 30 degrés sur une longueur centrale de 13 kilomètres pour atteindre le maximum de 36 degrés vers le centre du massif.

Au Mont-Blanc, la température sera supérieure à 30 degrés sur 8 kilomètres; elle ira progressivement sur ces 8 kilomètres de manière à dépasser 50 degrés sur 3 de ceux-ci pour atteindre le maximum de 53 degrés et demi.

Au Grand-Saint-Bernard, ces énormes températures sont bien loin d'être atteintes; sur environ 2 kilomètres, la température dépassera 20 degrés pour atteindre le maximum de 22 degrés et demi.

Ces résultats sont assez catégoriques, et rapprochés du tableau véridique que nous avons fait des conditions dans lesquelles s'opère le travail avec ces températures, suffiraient à eux seuls pour faire rejeter le Simplon et le Mont-Blanc et faire adopter le Grand Saint-Bernard.

Un autre avantage en faveur du percement du tunnel du Grand Saint-Bernard est que les puits d'extraction donneront une bonne ventilation à un prix minime.

Si, au Simplon, par exemple, on voulait agir ainsi, il faudrait

foncer des puits de 680 à 1,000 mètres de profondeur; de tels chiffres dépassent toute prévision de dépenses pratiques.

Des entreprises de ce genre doivent donc être envisagées sur toutes leurs faces et avec le plus grand soin; il faut aussi en prévoir les conséquences immédiates et futures. Mais après mûr examen, une détermination énergique est nécessaire.

Il ne faut pas, en effet, que notre commerce ait à souffrir plus longtemps d'une concurrence étrangère, d'autant plus que ce tracé fournit à la vallée d'Aoste, aujourd'hui sans issue, deux débouchés pour son industrie: l'un du côté de la Suisse, l'autre du côté de la mer. En outre, par sa jonction à la Méditerranée par le col de Tende, le sud-ouest du Piémont apportera facilement à Nice et au sud-est de la France ses denrées et ses bestiaux, en même temps que les produits de la Suisse et ceux de la partie la plus industrieuse de l'Allemagne, dont il pourra lui-même tirer profit.

La Suisse et la France sont fortement intéressées à tout ce qui ouvre à la vallée du Rhône un débouché nouveau. Et si l'Allemagne bénéficie du Gothard, la France ne sera pas plus mal partagée en disposant du Grand Saint-Bernard.

L'Angleterre y trouverait un immense avantage, et prendrait inévitablement cette voie, la plus centrale de tous les passages d'Europe pour ses possessions des Indes.

Cette ligne est incontestablement la voie de communication la plus courte entre la Suisse et la mer, de même qu'entre l'Italie et tout le nord-ouest de l'Europe, c'est-à-dire la France, la Belgique, l'Angleterre, la Hollande, la Bavière, le Wurtemberg, toute la vallée du Rhin, et la Prusse occidentale.

Cette grande ligne n'est pas une simple conception d'esprit et fonctionne sur les trois quarts au moins de son parcours.

Ajoutons que le succès financier de toute entreprise de chemin de fer dépend du coût et du résultat, autrement dit des frais d'établissement et d'exploitation, et du trafic dont il sera doté, ainsi que des recettes probables.

Ce sont là deux points principaux sur lesquels nous appelons toute votre attention.

En effet, si l'on examine toutes les voies principales qui répondent à un intérêt général, on voit que toujours elles côtoient presque littéralement une route carrossable, chemin qui avoisinait lui-même le sen-

tier fréquenté primitivement par les piétons ou les cavaliers dès la création des premières relations ; il n'y a eu pour ainsi dire que des perfectionnements à mesure des progrès humains.

Le sentier a été remplacé par la route qui offrait un moyen de locomotion plus sûr et plus rapide, et cette dernière a fait place au chemin de fer qui abrège considérablement les distances.

Mais le point remarquable, c'est que la tradition a toujours été respectée, car une idée logique avait certainement présidé au choix de la direction à suivre.

On a dit avec raison que le percement du Mont-Blanc serait une doublure, une superfétation du Mont-Cenis.

On a dit aussi, avec non moins de raison, que le percement du Simplon, dont le tunnel ne serait qu'à six kilomètres environ, à vol d'oiseau, au sud-ouest du Gothard, constituerait seulement une seconde édition de celui-ci.

Les avantages que présente le Grand Saint-Bernard ne peuvent être niés, surtout pour les trois États que cette ligne dessert directement, la France, l'Italie et la Suisse, d'autant plus que les transactions avec l'Europe centrale ne peuvent être, en l'état actuel, suffisamment opérées ; le Brenner est trop à l'est, le Mont-Cenis trop à l'ouest et le Gothard trop près du Brenner.

Les encombrements qui pourraient devenir considérables à la suite d'accidents qui interromperaient le service sur une ligne, le développement des relations et des échanges ont démontré la nécessité d'une nouvelle traversée des Alpes.

Plus les moyens de communications seront faciles, directs et rapides entre la France et les nations voisines, plus nous profiterons réciproquement des échanges du commerce et de l'industrie, du transit qui alimente les ports, et plus ainsi s'élèvera le niveau de la fortune publique.

Il suffit, en effet, de jeter un coup d'œil sur le tracé par le col Ferret pour voir l'économie qui en résulte, au sujet de la diminution de parcours, de dépenses et de temps et sous celui des garanties dont son exploitation sera entourée.

Cette ligne neutralise complètement l'effet désastreux que peut produire le Gothard sur la France et amènera, au contraire, un grand dé-

veloppement de trafic pour les chemins français, en détruisant sur beaucoup de points la concurrence pernicieuse du Gothard.

Une objection que l'on ne manque pas de faire à notre projet, mais que nous allons réduire à de justes proportions, consiste dans l'altitude du tracé, le tunnel étant à la cote de 1,621 mètres, tandis que le Mont-Blanc a le sien à la cote de 1,141 mètres et que le dernier projet du Simplon marque 689 mètres.

Évidemment, sous ce rapport, le Simplon se trouve dans les meilleures conditions possibles et ses partisans ne sauraient trop démontrer cet avantage. L'argument s'impose de lui-même, à première vue, mais en y regardant de plus près, il perd singulièrement de son importance. Il faut se rappeler la longueur vraiment malheureuse du tunnel du Simplon, et puis il faut demander aux ingénieurs et aux hommes spéciaux ce que l'on entend par les termes du tracé haut et du tracé bas.

Ne faut-il pas tenir compte de la topographie et de la latitude des lieux ainsi que de leurs conditions climatériques ? Un tracé partant de la Vera-Cruz et aboutissant à Mexico, à 2,100 mètres d'altitude, sera-t-il un tracé haut ?

Un tracé haut, par exemple, est celui du chemin de fer transandin qui, partant de Lima, au bord de la mer, arrive, après un parcours de 100 kilomètres, à une altitude de 5,200 mètres.

Du moment que l'ascension ne dépasse pas le régime atmosphérique raisonnable et que, d'ailleurs, les travaux sont précautionnés contre les tourmentes et les avalanches par des ouvrages de défense, tels que galeries couvertes, écrans ou paraneiges, etc., etc., la traversée du Grand Saint-Bernard s'effectuera sans danger.

Du reste, dans sa partie la plus élevée, le tracé du Saint-Bernard se trouve dans les conditions les plus propices, et jamais il n'aborde le flanc de la vallée qui pourrait donner lieu à quelque crainte. Il ne rencontre aucune avalanche sérieuse et les forêts de mélèzes qui s'élèvent sur les flancs qu'il côtoie sont la meilleure protection contre les tourmentes de neige.

L'altitude du Grand Saint-Bernard (1,621 mètres) n'est pas une innovation. Ainsi, le Luckmanier, primitivement adopté par le gouvernement Sarde en 1853, avait son tunnel de faîte à la cote 1,616 mètres; une commission gouvernementale adopta également en 1861 le Septimer, malgré son altitude de 1,776 mètres. Le Mont-Cenis a sa cote à 1,291 mètres.

A la traversée du Brenner, dans les Alpes rhétiques, le chemin de fer franchit le faîte, sans tunnel, à la cote 1,367 mètres. La ligne Bordeaux-Madrid atteint à ciel ouvert la cote 1,350 mètres, le North-Pacific a 1,652 mètres, le Central a 2,140 mètres, l'Union a 2,313 mètres et enfin le chemin de fer des Andes atteint l'altitude de 4,769 mètres. Rien donc n'infirme la possibilité de résoudre la même question pour le Grand Saint-Bernard.

Des arguments et des moyens plus simples encore permettent de répondre et de parer aux objections soulevées relativement aux courbes, rampes et déclivités de la ligne.

Aoste est à 600 mètres d'altitude; la rampe nécessaire pour arriver à l'entrée sud du souterrain est inférieure à 23 millimètres. Dans le souterrain, sous le col Ferret, dont la longueur est de 9,485 mètres, la rampe (côté sud) est de 0m003 par mètre, sur 4,600 mètres, et celle (côté nord) de 0m003 par mètre sur 4,630 mètres; un palier de 240 mètres réunit ces deux rampes en sens inverse.

Deux puits pour l'extraction seront foncés et auront 115 et 225 mètres de hauteur à 2,100 mètres et à 1,000 mètres des têtes sud et nord.

Ces puits serviront ensuite à la ventilation du tunnel.

Les exemples de rampes analogues ou plus fortes que celles employées pour le tracé du Grand Saint-Bernard sont abondantes.

Sur la ligne du Sommering, qui relie l'Autriche à l'Adriatique, les déclivités de 24 à 25 pour mille existent sur environ 33 kilomètres.

Sur la ligne du Brenner, qui relie l'Autriche à l'Italie par la Vénétie, les déclivités de 23 à 25 pour mille existent sur 89 kilomètres.

Sur la ligne du Saint-Gothard, qui relie l'Allemagne à l'Italie, les déclivités de 25 à 26 pour mille existent sur environ 87 kilomètres.

Sur la ligne du Mont-Cenis, qui relie la France à l'Italie, les déclivités de 23 à 30 pour mille existent sur environ 68 kilomètres.

Sur la ligne de l'Arlberg, qui relie l'Autriche à la Suisse et à la France, les déclivités de 24 à 30 pour mille existent sur environ 40 kilomètres.

Sur la ligne de Morteau, qui reliera la France à la Suisse, les déclivités de 20 à 30 pour mille existent sur environ 60 kilomètres.

Du reste, pour qu'une œuvre soit rationnelle, il faut qu'elle soit établie de manière qu'il y ait pondération entre l'importance du but qu'elle se propose et la valeur des sacrifices qu'elle nécessitera. C'est une loi économique à laquelle on doit forcément se rallier pour résoudre les

problèmes d'industrie privée. Dans l'espèce qui nous occupe, quelques millimètres en plus ou en moins dans le choix des déclivités ne constituent pas la valeur d'un tracé. Celle-ci dépend surtout du coût et de la rapidité des transports entre les points à desservir.

Si le choix de la déclivité influe sur le prix de la traction, il a une influence non moins grande sur celui de la construction, et il serait tout à fait illogique d'acheter un léger bénéfice annuel de traction au prix de gros sacrifices dans les frais de premier établissement, qui se traduisent par des intérêts annuels. Une entreprise qui serait grevée de frais considérables ne saurait faire de grandes concessions au trafic, et acheter une faible production au prix de charges bien autrement fortes, serait complètement irrationnel.

Si la même locomotive pouvait faire tout le parcours de la ligne, on comprendrait qu'il fût fait encore quelques sacrifices pour la maintenir dans des conditions à peu près uniformes. Mais il faut la changer au bout d'un certain parcours ; dès lors, il est peu gênant d'atteler une machine plus puissante qui permettra de franchir les parties montagneuses où l'emploi de rampes plus accusées est d'une nécessité forcée. Il vaut certainement mieux accumuler les difficultés sur une faible longueur que d'avoir une ligne plus douce, mais avec des rampes beaucoup plus longues. Telle locomotive qui vaincra accidentellement une rampe sur une faible longueur deviendrait impuissante si cette rampe se prolongeait, car sa puissance dépend de la quantité de vapeur accumulée : si la dépense de vapeur devient trop forte, par suite de la longueur de l'effort, l'adhérence finira par manquer.

L'obstacle rendu plus fort, mais plus court, sera franchi bien plus aisément, surtout si le mécanicien a le soin d'activer le chauffage, et par suite la production de vapeur, quelques instants avant de l'atteindre.

Avec nos rampes coupées par de fréquents paliers qui permettent à la locomotive de reprendre, pour ainsi dire, haleine, nous nous trouvons dans les conditions normales d'un vrai service de ligne internationale.

Les difficultés techniques à vaincre, les délais d'exécution et les sommes à dépenser sont évidemment en corrélation directe avec la nature des roches dont sont formées les montagnes à perforer.

C'est là, néanmoins, un côté de la question dont on s'est trop peu préoccupé et qui mérite de fixer l'attention.

Aussi, avant d'aller plus loin, devons-nous au moins jeter un coup d'œil rapide sur la constitution géologique des montagnes perforées au Mont-Cenis et au Saint-Gothard, ainsi que celles que l'on se propose de perforer également au Mont-Blanc, au Simplon et au Grand Saint-Bernard.

Commençons par le Grand Saint-Bernard :

Le tracé par le col Ferret est le suivant, en allant de Martigny vers Aoste (Pl. 74).

Martigny — Sembrancher — Chable — Frigoley — Orsières — Praz-de-Fort — *Souterrain du col Ferret* — La Saxe — Morgez — Arvier — Saint-Pierre et Aoste.

Voici d'une manière générale la nature des terrains traversés :

Après Martigny, le Mont-Chemin, sur lequel se développe le tracé, est un calcaire très solide mêlé de schistes.

A partir de Bovernier jusque vers Sembrancher, le terrain redevient calcaire, avec quelques parties marneuses.

Vers Vollège, le tracé se trouve sur une alluvion solide dans laquelle on peut voir des gisements d'un tuf léger.

Le reste de la vallée est un mélange de calcaires et de schistes.

De Chamoille à la Reppaz, au-dessus d'Orsières, réapparaissent les tufs solides. De ce point recommencent des schistes durs, notamment vers Comeire et Fontaine.

Le col Ferret est composé de grès feuilletés et d'ardoises tendres, entremêlés de quartz en couches, tantôt épaisses, tantôt minces, ici entier, là carié sous mille formes différentes.

En descendant le val Ferret (*versant italien*) le tracé rencontre des calcaires et des schistes.

Vers Entrèves apparaît le terrain anthracifère qui se continue jusque vers Morgex.

De Courmayeur à Morgex on trouve principalement des calcoschistes assez compactes.

De Morgex à Aoste, les roches rencontrées sont en majeure partie des calcoschistes, comme à Pierre-Taillée, à Liverogne, à Arvier.

Ainsi qu'on peut en juger par ce qui précède, la question exécution est singulièrement améliorée par la nature même de la constitution du sol à travers lequel le tracé doit passer. Rarement, des con-

ditions plus favorables se sont trouvées réunies sur une ligne en construction.

Les terrains sont bons et solides, et fournissent presque sur place les matériaux propres à construire. On y trouve le calcaire brut et métamorphique, un grès schisteux excellent pour les moellons des murs de soutènement, des alluvions solides, un tuf compacte et dur. Enfin, à un point de vue général, on trouve des affleurements d'anthracite, des blocs erratiques, de serpentine, ainsi que le grenat des Alpes.

Les torrents contiennent d'immenses blocs erratiques, calcaires, granits, ainsi que d'excellent sable.

A Sembrancher, on trouve une chaux de première qualité, provenant du Mont-Vence et des moellons de choix tirés des schistes subardoisiers dans lesquels est taillée la route qui conduit à Orsières.

A Vollège et à Orsières, le plâtre se trouve en abondance. A Etier, Chamoille, Reppaz, de puissants bancs de tuf peuvent avantageusement remplacer la brique par des constructions légères.

A Orsières, à Liddes, on trouve la chaux hydraulique.

Partout on rencontre le calcaire, même le calcaire hydraulique, qui, comme à Gignod, par exemple, fournit une chaux aussi renommée que celle du Theil.

De plus, on peut trouver un excellent combustible dans les masses anthracifères de Liddes, de Fontaine, des Planards et de la Doire.

Citons encore de grands bois de sapins et de mélèzes pouvant s'utiliser pour toute espèce de constructions.

En outre, le tracé est presque constamment côtoyé par une grande route et le sommet est atteint de chaque côté par des chemins larges et praticables.

Comparativement, les constitutions géologiques des tunnels exécutés ou projetés à travers les Alpes sont les suivantes :

Au Mont-Cenis, on a eu à perforer une roche calcaro-schisteuse, assez facile à entailler, mais susceptible de se déformer sous des pressions supérieures. Il y avait intérêt à construire les maçonneries par segments complets, présentant des conditions de résistance définitive et par suite à ouvrir la section entière du tunnel dans le plus bref délai. La galerie d'avancement a été pratiquée au bas de la section en calotte.

Au Gothard, la roche est dure et résistante. Dans ces conditions fa-

vorables de solidité, on a employé la méthode la plus rapide et commencé l'attaque par le haut.

Au Mont-Blanc, sans parler de la galerie sous-vallée qui présenterait des *difficultés colossales*, analogues à celles rencontrées sous la plaine d'Andermatt, au Gothard, on aurait 9,000 mètres de protogyne ou granit des Alpes à perforer !

Au Simplon, il faudrait perforer une masse compacte, serrée, sans nul doute quartzeuse, et des roches granitiques des plus dures sur 8 ou 9 kilomètres de longueur.

Au Grand Saint-Bernard (col Ferret), d'après les données fournies précédemment, on ne rencontrera ni masses d'eaux, ni roches ébouleuses, ni roches très dures.

Les avantages que la France retirera de l'ouverture d'une telle ligne compenseront largement les sacrifices qu'elle peut faire pour l'établir, sacrifices qui sont, du reste, bien inférieurs à ceux exigés pour le Simplon et le Mont-Blanc.

L'on objecte que notre souterrain ne se trouve pas sur le territoire Français. Ceci est un argument sur lequel on ne saurait s'arrêter un instant. Il est en effet facile de répondre que l'intérêt général ne peut se laisser influencer par des considérations de clocher, que le commerce, les affaires, avec les grands résultats qui en découlent, sont de leur nature essentiellement internationaux.

Le Gothard ne se trouve pas non plus sur le territoire Allemand; l'Allemagne a-t-elle hésité à engager ses capitaux, à donner son concours moral et effectif à l'exécution de l'entreprise ? N'en a-t-elle pas moins sur la Suisse, l'Italie et tous les pays de l'Orient un débouché dont les conséquences incalculables, mais par elle prévues, ne peuvent être contre-balancées que par une ligne similaire, par le Grand Saint-Bernard ? Mais ne faudrait-il pas que Suez et Panama soit dans nos mers intérieures ?

L'essence même de toutes les transactions de tous les grands faits économiques, c'est de se répercuter universellement.

L'Allemagne s'est imposé de grand sacrifices pour le percement d'un tunnel partant de Gœschenen, en Suisse, et aboutissant à Airolo, en Suisse, c'est à dire situé sur un territoire étranger.

L'Allemagne envisage en cela, en effet, non seulement son intérêt commercial et industriel, mais encore son intérêt politique, car la neutralité de la Suisse étant garantie par des traités, il est de beaucoup préférable qu'une telle voie se trouve sur un territoire neutre.

La même situation d'exterritorialité, si nous pouvons nous exprimer ainsi, se représente du reste pour le Simplon.

L'on nous objectera aussi que nous dénommons notre projet Grand Saint-Bernard, tandis que nous passons sous le col Ferret.

Mais le Simplon passe sous le Mont-Leone, le Mont-Cenis sous le Mont-Fréjus et le Mont-Blanc même sous le Mont-Maudit.

Donc, le Grand Saint-Bernard peut très légitimement donner son nom au tracé par le col Ferret, dont il n'est du reste distant que de sept kilomètres à peine.

Il nous reste à effleurer la question politique et militaire. Nous ne voulions pas en parler. Nous voulions nous borner seulement à bien établir la question économique, mais, il y a quelque temps, une discussion s'est élevée dans la presse au sujet de la neutralité de la Savoie. Nous ne pouvons donc nous dispenser d'indiquer les points primordiaux sur lesquels nous nous basons pour l'adoption par la France de notre projet.

Genève avait été réuni en principe à la Suisse par l'article 3 du traité de paix conclu à Paris le 30 mai 1814, après la chute de Napoléon Ier, entre la France, l'Autriche, la Grande-Bretagne et la Prusse. Mais Genève restait enclavé dans le territoire Français et coupé en deux morceaux ; de plus, les frontières de la Savoie s'étendaient jusqu'à ses portes, englobant Carouges et Chêne-Thonex, localités appartenant au royaume de Sardaigne.

D'autre part, les Ducs de Savoie avaient de tout temps essayé de mettre leurs possessions du Nord sous la sauvegarde de l'Europe ; en 1601, lors du traité de Lyon, en 1697 à Ryswick, en 1713 à Utrecht, en 1740, lors de la mort de l'empereur Charles VI.

En 1815, donc, la Confédération helvétique et le royaume de Sardaigne se trouvaient avoir un double desideratum dont le Congrès de Vienne eut l'habileté de concilier les termes. Victor-Emmanuel Ier demandait la neutralisation de la Savoie du Nord ; la Suisse voulait pour Genève la cession de quelques communes reliant directement le terri-

toire de cette ville à celui de la Confédération et éloignant un peu la frontière de Savoie. Les plénipotentiaires de Vienne pensèrent que si la Sardaigne cédait à Genève les communes convoitées, la Suisse pourrait se charger d'assurer la neutralité de la Savoie du nord, au même titre que la sienne propre. Les propositions furent faites et acceptées des deux parts de là l'insertion, dans le traité du 20 mai 1815, de l'article 8, ainsi conçu :

Art. 8. — Les provinces du Chablais et du Faucigny et tout le territoire de Savoie au nord d'Ugine, appartenant à S. M. le Roi de Sardaigne, feront partie de la neutralité de la Suisse, telle qu'elle est reconnue et garantie par les puissances. En conséquence, toutes les fois que les puissances voisines de la Suisse se trouveront en état d'hostilités ouvertes ou imminentes, les troupes de S. M. le Roi de Sardaigne qui pourraient se trouver dans ces provinces se retireront et pourront, à cet effet, passer par le Valais, si cela devenait nécessaire; aucunes autres troupes armées d'aucune autre puissance ne pourront traverser ni stationner dans les provinces et territoires susdits, sauf celles que la Confédération Suisse jugerait à propos d'y placer; bien entendu que cet état de choses ne gêne en rien l'administration de ces pays, où les agents civils de S. M. le Roi de Sardaigne pourront aussi employer la garde municipale pour le maintien du bon ordre.

Cet article était évidemment une condition onéreuse, une charge imposée à la Confédération, en retour de la cession au canton de Genève, par la Sardaigne, de quelques communes de la Savoie. Il constituait un avantage pour le Royaume de Sardaigne, comme cela ressort des circonstances mêmes d'où il était sorti. Comment admettre, en effet, que le Roi de Sardaigne eût à la fois, et sans compensation aucune, cédé à la Suisse une portion de son territoire et fait, par ailleurs, une concession de neutralité au profit de la Confédération? C'eût été, de sa part, un désintéressement touchant à l'absurde ou, pour mieux dire, un complet oubli des intérêts les plus essentiels de son propre royaume.

Il ne s'en est pas rendu coupable, loin de là, et, en obtenant la garantie de l'inviolabilité de ses États du Nord par les grandes puissances, au même titre et dans les mêmes conditions que celle du territoire Suisse, il acquérait une plus grande liberté d'action vers le sud, où la Sardaigne devait chercher l'accomplissement de ses destinées.

La France, quand elle s'est annexé la Savoie, du consentement de Victor-Emmanuel II a naturellement hérité des charges comme des avantages incombant à la Sardaigne du fait des provinces transmises.

Or, on a toujours, en droit, la faculté de renoncer à un avantage; si donc, la France croyait devoir abandonner le privilège qui fut le prix de la cession du territoire au canton de Genève, elle serait parfaitement libre de le faire et de se défendre elle-même dans la zone neutralisée, au lieu de laisser ce soin à la Confédération Suisse. Il suffirait, pour régler définitivement la question, d'une simple notification dans ce sens aux puissances signataires des traités de Vienne.

Il importe, dans les circonstances présentes, que nous resserrions nos liens d'amitié avec nos anciens alliés les Suisses au point de vue de la défense du territoire. La France doit maintenir le *statu quo* dans la question de la neutralité savoisienne.

La France a son entière liberté pour défendre le territoire de la Savoie à sa guise, tout aussi bien que la Suisse a le droit de défendre le territoire Helvétique.

En temps de paix, elle peut, comme celle-ci, faire manœuvrer librement ses troupes sur le territoire neutralisé, leur faire changer de garnison, construire des bâtiments militaires et des fortifications, etc.

En temps de guerre, elle peut occuper et défendre elle-même le territoire savoisien neutralisé, sauf, s'il y a lieu, à s'entendre avec la Suisse pour l'occupation temporaire de ce territoire par les troupes Helvétiques.

En résumé, la neutralité de la Suisse, conséquence des traités de 1815, et la consécration de ces traités, principalement de l'article 8 par les traités de 1860, article 2, assurent donc indubitablement la neutralité de la tête nord du tunnel du Grand Saint-Bernard, que les Suisses, d'ailleurs, sauraient bien faire respecter.

Quant à la tête sud (Italie), elle se trouverait, en cas de conflit, dans les mêmes conditions que la tête de Bardonnèche au Mont-Cenis, celle d'Entr èves au Mont-Blanc, etc.

Nous ne parlons pas du Simplon, les deux débouchés de son tunnel sont trop éloignés de notre frontière ; son exécution serait contraire aux intérêts de la défense nationale.

L'utilité et le besoin reconnu d'un troisième passage Alpin découlent des raisons mêmes qui précèdent, et que nous ferons suivre de quelques autres encore, car il y a des gens auxquels il faut toujours rappeler que plus il y a de voitures, plus il y a de voyageurs, et que le Cap voit tout autant de navires aujourd'hui qu'il y a vingt ans, malgré l'ouverture du canal de Suez.

Prétendre qu'après l'ouverture du Mont-Cenis et du Gothard, le Grand Saint-Bernard serait une superfétation, c'est ignorer les lois de l'économie politique.

Hé quoi ! ouvrir des voies de communication, faciliter les transactions, en créer de nouvelles, satisfaire aux besoins toujours croissants de la civilisation, de la science, du commerce, de l'industrie, serait une œuvre inutile et insensée !

Mais il est à remarquer que les détracteurs du progrès prophétisaient jadis contre le canal de Suez, le télégraphe sous-marin, le Mont-Cenis, le Gothard, tandis que maintenant ces œuvres grandioses, dues à la persévérance d'hommes illustres, qui font la gloire de notre temps, sont désormais des faits accomplis.

Tandis que le génie français, après avoir ouvert l'isthme de Suez, s'applique aujourd'hui à ouvrir également celui de Panama, il se laisserait en Europe tourner commercialement par le Gothard !

Il ne le faut pas.

Il faut au contraire combattre l'influence de la ligne Allemande et d'Anvers, port concurrent de tous nos ports du nord.

Le port d'Anvers est on ne peut mieux outillé pour nous concurrencer ; la France a compris que de grands sacrifices étaient nécessaires, ces sacrifices se font, et mettront nos ports du nord à la hauteur de leur mission.

Mais le développement des ports, quelque bien outillés qu'ils soient, dépend surtout de l'extension du transit : or, le transit dépend des voies qui aboutissent aux ports.

L'avenir de nos ports en France dépend aussi de l'abaissement des tarifs.

N'oublions pas que l'intérêt est commun entre les ports et les chemins de fer.

Nous ne cesserons de répéter que le Mont-Cenis ne peut combattre seul l'influence du Gothard.

C'est pourquoi il faut à la France une ligne directe avec l'Orient, et cette ligne, qui intéresse également la Suisse et l'Italie avec lesquelles la France doit s'entendre au plus tôt, c'est la ligne Aoste-Martigny par le Grand Saint-Bernard.

A ceux qui pourraient craindre que le Grand Saint-Bernard ne fasse une concurrence à Marseille, en faveur de Genève, il est facile de faire

voir que la question n'a qu'une bien mince importance et que le mal est déjà fait par suite de l'ouverture du Gothard.

Le commerce de Marseille est en effet presque entièrement Français; la frontière du Rhin forme une barrière, qui serait, du reste, suppléée par l'influence des deux ports d'Anvers et de Hambourg. L'action de Marseille se porte sur la Suisse et sur une partie de l'Allemagne, après avoir traversé la Suisse et encore ce transit (coloniales et céréales) ne représente-t-il qu'une bien minime partie de l'énorme mouvement commercial de ce port.

Est-il à craindre que Gênes, grâce à la voie nouvelle qui lui est offerte, grâce à l'activité des services maritimes qui se créent dans son port, n'enlève à Marseille tout ou partie de ce transit, et n'attire des quantités plus considérables de marchandises à destination de la Suisse du nord et de l'Allemagne?

Assurément il faudrait le craindre, si l'on ne considérait la question qu'inconsciemment. Ainsi, par le Gothard, Genève se trouve à 532 kilomètres seulement de Bâle, qu'il convient toujours de prendre comme point de comparaison, tandis que Marseille, au contraire, en est éloigné de 773 kilomètres par la voie Française de Delle, et de 717 par la voie de Genève et de la Suisse. Il y a donc un avantage énorme en faveur du parcours par le Gothard, en dépit de la majoration qui porte la distance taxée à 595 kilomètres.

Néanmoins, en comparant les tarifs, par l'une et par l'autre route, l'on voit ressortir, comme suit, les prix de transport:

Céréales	de Marseille à Bâle	34f 10
	de Gênes à Bâle (transit)	36 70
Vins	de Marseille à Bâle	35 00
	de Gênes à Bâle (Gothard)	51 89

Pour Zurich, la différence est naturellement en faveur de Gênes. Il ne résulte pas moins, des chiffres qui précèdent, que Marseille jouit en général, de prix meilleurs, et se trouvera en état de lutter avec Gênes tant que la Compagnie du Gothard n'aura pas abaissé ses tarifs dans des proportions assez larges. La question est de savoir si, en ce moment, la situation financière de cette Compagnie, l'état de son matériel, les difficultés de son exploitation, lui permettent d'opérer cette baisse.

En tous cas, de ce côté, le danger pour Marseille n'apparaît pas comme immédiat à la condition que la Compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée maintienne ses tarifs actuels, qu'elle consente même à les abaisser pour quelques espèces de marchandises, les cotons bruts, par exemple; qu'elle fasse cette baisse, surtout en vue d'atteindre Zurich d'un côté, et Mulhouse de l'autre.

Marseille, de la sorte, sera en état de conserver sa prépondérance, surtout si l'on considère que les frais de transit y sont inférieurs à ceux de Gênes et que ce port est, comme nous l'avons dit, le véritable marché de la Méditerranée.

Tout au plus quelques articles de la Plata et des Indes, reçus par les grands services maritimes italiens : cafés, cotons, etc., transiteront-ils par le Gothard au détriment de Marseille. Mais Marseille conservera assurément le haut marché de l'importance des matières premières et des denrées alimentaires.

Quant aux marchandises qui descendent de Suisse vers la Méditerranée, pour s'y embarquer à destination de l'Orient, elles se composent presque exclusivement de tissus fins de cotons et de soie. La quantité ne dépasse pas 3,000 tonnes.

La taxe indiquée de Zurich à Gênes par le Gothard est de :

Sans condition de tonnage.	64f 66	la tonne.
Par wagons de 5,000 kilos.	55 42	»

De Zurich à Marseille, les prix en vigueur sont, d'après le tarif international :

Pour les tissus.	53f 60	la tonne.
Pour les fils de coton	51 50	»

Ces prix sont bien inférieurs à ceux établis pour la voie du Saint-Gothard.

D'où il est permis de conclure que, dans l'état présent des choses, le mouvement commercial du port de Marseille avec ces districts n'est pas menacé sérieusement par l'ouverture de la voie nouvelle et que tout au plus, le port de Gênes pourra ajouter à son faible transit actuel, quelques milliers de tonnes de marchandises, à moins que des modifications, dans le sens d'une baisse sérieuse des prix de transport, ne soient apportées au système de tarification de la ligne du Gothard.

On le voit donc, le Grand Saint-Bernard ne pourra avantager Gênes

au détriment de Marseille; tout au plus pourrait-il lui accorder quelques facilités nouvelles par rapport au courant dirigé sur Marseille. Il serait toujours facile d'y remédier en créant pour Marseille des tarifs égaux à ceux de la distance la plus courte des places concurrencées à Gênes.

Marseille, malgré le perfectionnement de son outillage des ports, de ses entrepôts, pourrait encore y apporter des améliorations constantes et y trouver un nouvel élément de succès pour cette concurrence.

Marseille ne peut être atteinte par une nouvelle percée des Alpes, son mouvement ne peut au contraire que s'accroître vu les modifications dans les parcours avec tout le nord-est de la France.

Une telle ligne aura en outre pour conséquence de favoriser les ports du nord de la France : Dunkerque, Boulogne, Calais, le Havre, Rouen, que l'ouverture du Gothard a déjà assez fortement préjudiciés, au grand avantage des ports d'Ostende et d'Anvers, en Belgique, ainsi qu'au détriment des lignes Françaises, le transit de ces ports belges, empruntant un bien moindre réseau Français.

Les améliorations qui ont été votées dernièrement pour nos ports du Nord, jointes à quelques réductions de tarifs, pourront, grâce au Grand Saint-Bernard, faire pencher la balance en leur faveur.

Mais, à notre sens, le rôle le plus important du Grand Saint-Bernard sera de rendre à l'industrie et au commerce Français la suprématie dont ils jouissaient à juste titre en Italie, et par leur bon goût, et par leurs qualités. Depuis l'ouverture du Saint-Gothard, l'Allemagne a envahi le marché italien de ses propres produits qui ne sont souvent qu'une pâle et lourde contrefaçon des nôtres ; et cela, dans des proportions fort inquiétantes, comme il est facile de s'en convaincre par les chiffres du trafic à travers le Saint-Gothard qui a plus que doublé depuis l'ouverture.

Le Grand Saint-Bernard ne peut faire concurrence au Mont-Cenis, ses objectifs étant différents ; le Mont-Blanc, au contraire, aurait cet effet, car il dessert les mêmes zones, forcé qu'il est de rester en France. Son action utile ne pourrait guère s'exercer que sur une partie de la Savoie et de la Suisse occidentale.

Nous avons dit que la ligne du Grand Saint-Bernard aura pour résultat de mettre en communication plus directe les chemins de fer Belges, Hollandais, Allemands, Suisses, Français avec l'Italie et

l'Orient, nous répétons que cette ligne serait la mieux placée pour la lutte contre le Gothard et pour le maintien du transit de la Malle des Indes sur les lignes françaises.

En effet, les transits par les tarifs nous donnent de :

Calais à Brindisi. .	*Gothard*.	2,045 kilom.
	Saint-Bernard	1,971 »
	Différence. . .	74 kilom.
Calais à Milan . . .	*Gothard*.	1,077 kilom.
	Saint-Bernard	1,019 »
	Différence. . .	58 kilom.
Calais à Gênes. . .	*Gothard*.	1,176 kilom.
	Saint-Bernard	1,099 »
	Différence. . .	77 kilom.
Brest à Milan . . .	*Gothard*.	1,538 kilom.
	Saint-Bernard	1,480 »
	Différence. . .	58 kilom.
Brest à Gênes . . .	*Gothard*.	1,538 kilom.
	Saint-Bernard	1,480 »
	Différence. . .	58 kilom.
Le Havre à Milan. .	*Gothard*.	1,307 kilom.
	Saint-Bernard.	1,092 »
	Différence. . .	215 kilom.
Le Havre à Gênes .	*Gothard*.	1,466 kilom.
	Saint-Bernard	1,177 »
	Différence. . .	289 kilom.

etc., etc.

Nous pourrions citer encore, mais ces quelques exemples suffisent, à notre avis, pour indiquer l'importance de notre projet, au point de vue des plus faibles parcours.

Quant à la description du tracé, je vais être aussi succinct que possible. Notre projet part de la station d'Aoste (Pl. 74), située sur la rive gauche du torrent Buthier, en face la chapelle de Saint-Roch, passe ce torrent sur un pont de 30 mètres, s'infléchit à droite, le développe le long de

des coteaux jusque derrière Sarre et pénètre en tunnel avant Saint-Pierre pour atteindre cette station qui dessert les communes environnantes ; puis franchit la Doire en amont de la Tour, se développe sur le coteau, franchit le torrent de Rhêmes, passe sous le chemin de Villeneuve à Introd, atteint Arvier, passe au-dessus de la route nationale un peu avant Liverogne, franchit le torrent de Valgrisanches, arrive en face d'Avise, remonte vers Ruinaz et atteint le défilé de Pierretaillée qu'il passe à l'aide d'un tunnel de 390 mètres; franchit ensuite la Doire, passe au-dessus de Champs et de Villaret pour arriver à la station de la Salle, prend ensuite le chemin de Morgex, s'élève au-dessus de Thorex, franchit le torrent de Colomb, passe sous le Château, franchit le torrent de Charvaz, atteint Villaret, passe au-dessus de Clusaz et arrive à Verrand où l'emplacement est ménagé pour y établir la gare internationale.

Au sortir de la station, le tracé franchit le torrent de Verrand, passe au-dessus de Pussey et de Courmayeur, contourne Soubran et traverse le vallon de Chapy, passe au-dessus de la Saxe, arrive en face d'Entrèves, fait un retour sur lui-même, passe vers la passerelle du Col des Sapins, passe sous l'hermitage et continue à se développer au milieu de la forêt de mélèzes, remonte le vallon de Chapy, traverse le Mont de la Saxe, franchit la Doire, passe sous Planpansier et cotoie la Doire dans la plaine qui s'étend de Planpansier à la Vachey.

Entre ce hameau et le torrent Malatra se trouve la tête Sud du Grand Tunnel à l'aide duquel est traversé le Col Ferret.

A la sortie du souterrain le tracé s'infléchit, franchit la Dranse de Ferret, passe sous le Clou, sous la Folly, au-dessus de la Seiloz et de Praillon, franchit le torrent de Bec rond, descend le coteau jusqu'au Musoir de Plan de Bœuf, s'engage dans la vallée d'Entremont, passe au-dessus de Forny sous Vichères, traverse le massif de Cornet, franchit la Dranse d'Entremont en face Liddes, passe sous Fontaine, s'infléchit dans le vallon de Pont-sec, passe sous Comeire, au-dessus de Reppaz, la Chanton, et arrive à la station d'Orsières au-dessus de Chez-les-Giroux.

Le tracé passe ensuite au-dessus de Chanville, traverse la forêt de Montbrun jusqu'au musoir de Plan-du-Gol, entre dans la vallée de Bagues, passe entre Sapey et Brusson, traverse Verségère, arrive à Champsec, passe Montagnier, puis arrive sous Vollège, passe sous Peutet. En face Bovernier, le tracé franchit la Dranse, passe à niveau

la route du Grand Saint-Bernard, traverse le torrent de Durnand, franchit la Dranse, contourne le mussoir d'Écotteaux, descend le flanc du Mont-Chemin, et se raccorde à la station de Martigny qu'il atteint après avoir passé au-dessus de la route de Sion.

Sa longueur totale est de 138 kilomètres 670 mètres depuis la station d'Aoste jusqu'à l'axe de la station de Martigny.

Le tracé comporte 279 courbes et 279 alignements droits les raccordant ; les rayons les plus usuels sont de 500 et de 400 mètres quelques-uns n'ayant que 350 mètres, au minimum.

Les alignements et les courbes règnent sur des longueurs sensiblement égales, les premiers sur 69,415 mètres, et les secondes sur 69,255 mètres, soit 50,06 pour 100 d'allignements droits, et 49,94 pour 100 de courbes.

Au point de vue du relief, la déclivité de 23 millimètres n'a jamais été atteinte, et celles employées sont coupées par de fréquents paliers, qui en rendent la montée bien moins pénible ; en outre, les tunnels sont en pente et rampe.

Les ouvrages d'art comprennent les tunnels, les travaux pour l'écoulement des eaux et le rétablissement des communications interceptées et les travaux de défense contre la neige.

En dehors du grand tunnel de faîte de 9,485 mètres, la ligne comporte 56 tunnels d'une longueur totale de 27,115 mètres.

Les ouvrages d'art principaux nécessaires pour l'écoulement des eaux et le rétablissement des communications interceptées comprennent :

7 viaducs de 75 à 200 mètres de long sur 22 à 29 mètres de hauteur, et 407 ouvrages d'art, ponts, passages, aqueducs, etc.

Les galeries couvertes ont été prévues à partir des environs de l'altitude de 1,400 mètres sur une longueur de 15 kilomètres, dont 9 kilomètres sur la partie italienne ou méridionale, moins exposée à la neige, et du reste plus particulièrement tracée en tunnel.

Encore, en réalité, il est probable que l'on pourra réduire cette longueur, car les forêts de pins et de mélèzes à travers lesquelles chemine le tracé sont un protecteur naturel contre les tourmentes. Nulle part, avons-nous déjà dit, le tracé n'est exposé à de sérieuses avalanches. Les seules qu'il rencontre sont de peu d'importance et se trouvent entre la Saxe et Entrèves, au droit des ravins du mont de la Saxe ;

quelques galeries couvertes sur 20 mètres de longueur mettront la voie à l'abri de tout danger.

Le fait du voisinage des pins et mélèzes réduit aussi considérablement l'emploi d'écrans contre les tourmentes. Il a été prévu une somme suffisante de ce chef. Du reste, l'on ne peut, *a priori*, indiquer exactement l'emplacement de ces écrans; comme toujours, ce n'est qu'à la longue, lorsque l'on a pu bien constater l'effet du vent sur les tranchées ou remblais que l'on peut les établir d'une manière définitive et en maçonnerie. De simples écrans provisoires en bois servent à protéger la voie, et à en fixer l'emplacement définitif. L'exemple classique du Karst, sur l'Adriatique, élucide suffisamment la question.

Telles sont les conditions du tracé du Grand Saint-Bernard, qui restent celles d'un bon service pour une ligne internationale dans les montagnes.

Pour notre devis estimatif nous nous sommes basé sur les revenus du Gothard qui, du 1er juillet 1882 au 1er juillet 1883 a eu un mouvement de 964,405 voyageurs de toutes classes, et de 415,370 tonnes de marchandises, poids, valeur, pièces, soit une recette totale de 10 millions 426,074 fr. 71.

Ces chiffres nous dispensent de tous commentaires.

Le devis estimatif de la ligne du Grand Saint-Bernard par le col Ferret, entre Aoste et Martigny, se monte à la somme de 86 millions de francs, ainsi répartie :

Acquisition des terrains.	2,053,000	francs.
Terrassements et murs de soutènement.	12,148,000	»
Souterrains, viaducs, ouvrages d'art courants.	57,102,000	»
Déviations et dérivations.	512,000	»
Stations et maisons de garde (les plates-formes comprises dans les terrassements).	2,106,000	»
Ballastage et pose de la voie	8,130,000	»
Matériel fixe, prises d'eau, télégraphe et divers.	1,142,000	»
Frais d'administration, de personnel et somme à valoir.	2,807,000	»
Total. . . .	86,000,000	francs.

Ce devis a été établi en se basant sur les exemples du Mont Cenis, du Gothard, de l'Arlberg, et en majorant de 25 pour 100 tous ces prix. Nous avons en outre recherché le meilleur moyen de perforation et la méthode la plus pratique pour le percement dès tunnels, certains ingénieurs préconisant la méthode avec galerie d'avancement à la base, d'autres préférant la méthode avec la galerie en calotte. Nos études sont établies comme prix et temps prévu, sur l'avancement par galerie de base.

En résumé ce devis comporte une dépense de 86 millions pour une longueur totale de 138 kilomètres 670 mètres; ce qui donne une dépense kilométrique de 620,177 francs.

Arrivé au terme de cette étude nous ne craignons pas d'affirmer que la meilleure solution pour une percée des Alpes est celle du Grand Saint-Bernard (col Ferret).

Lorsque les tronçons « Ivrée-Aoste et Cunéo-Ventimille » seront construits le complément nécessaire de cette grande ligne est le Grand Saint-Bernard qui lui ouvre tous les débouchés du Nord.

Les produits si recherchés de Nice, Menton et de la Ligurie, pays si fréquentés en hiver, prendront cette route pour gagner les grands centres européens, le Mont-Cenis ne pouvant lutter sous le rapport économique.

La vallée d'Aoste elle-même, dont l'agriculture est négligée, l'industrie déchue, les mines si riches désertées et les fonderies abandonnées, ressuscitera grâce à la circulation établie.

Aussi l'Italie ne peut-elle manquer d'accorder une importante subvention à la ligne du Grand Saint-Bernard.

La Suisse, avec les 56 kilomètres situés sur son territoire sera amenée aussi à la subventionner, en raison des bénéfices qu'elle est appelée à en retirer.

Or, cette subvention est acquise pour un chiffre de 5 millions que le gouvernement fédéral et les Compagnies de chemins de fer se sont engagés à fournir pour la construction de toute nouvelle ligne entreprise après le Gothard, et qui viendrait à passer sur le territoire Suisse.

Ceci posé, la question sera résolue le jour où la France, débarrassée de l'incertitude momentanée où la jettent les rivalités des partisans du Simplon et du Mont-Blanc, adoptera la ligne du Grand Saint-Bernard :

1° Parce que cette ligne est la plus conforme à ses intérêts économiques, militaires et politiques ;

2° Parce qu'elle est la moins coûteuse ;

3° La plus promptement construite ;

4° Parce que, au point de vue des échanges du nord-ouest de l'Europe avec l'Orient, elle est la plus directe, ce qui est tout dire ;

5° Parce qu'elle assure à la France l'important service de la Malle des Indes ;

6° Parce que son exécution est de beaucoup la plus rationnelle et la plus économique ;

7° Enfin, parce qu'elle est la plus Française dans toute l'acception du mot, tout en desservant le mieux la Suisse et l'Italie.

Ajoutons que cette ligne est celle qui exigera de la part de la France les moindres sacrifices, car la participation totale de celle-ci n'excédera pas 25 millions, en dix annuités de 2,500,000 francs chacune, chiffre que l'Italie serait appelée à accorder, tandis qu'elle atteindrait 55, et dépasserait 100 millions avec le Simplon et le Mont Blanc.

Cette considération a bien son importance et mérite que l'on s'y arrête.

On peut donc affirmer que la traversée des Alpes par le Grand Saint-Bernard (col Ferret) est, sans comparaison sérieuse possible, la voie Alpine principale de l'avenir tout en étant la plus rationnelle et la plus facile à exécuter.

Aussi, est-ce avec la conviction que l'application de notre projet est devenue nécessaire et urgente que nous sommes amené à émettre le vœu que la France, la Suisse et l'Italie unissent leurs efforts et se prononcent au plus tôt pour l'adoption de la ligne du Grand Saint-Bernard (col Ferret).

GISEMENTS AURIFÈRES
du district d'OURO-PRETO

PROVINCE DE MINAS-GERAES (BRÉSIL)

Par M. **MONCHOT**.

CHAPITRE PREMIER
CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LE PAYS

§ I. — Situation géographique du district minier d'Ouro-Preto. — Moyens de communication avec l'Europe. — Transports a l'intérieur. — Chemin de fer dom Pedro II. — Routes. — Service postal et télégraphique.

Situation géographique. — Le district minier d'Ouro-Preto est situé dans Minas-Geraes, l'une des provinces centrales du Brésil et l'une des plus importantes.

Il est compris entre le 19e et le 21e degré de latitude sud.

La ville d'Ouro-Preto, qui a donné son nom à ce district, est la capitale même de la province. Elle est située à 300 kilomètres environ, à vol d'oiseau, de Rio-de-Janeiro, le seul port de l'Atlantique avec lequel elle ait des relations relativement faciles.

Moyens de communication avec l'Europe. — Rio-de-Janeiro, la capitale de l'empire du Brésil en même temps que son port le plus important, fait un très grand commerce de denrées coloniales et surtout de cafés qu'elle exporte dans le monde entier.

Aussi est-elle mise en relation avec l'Europe et les États-Unis par de nombreux services de bateaux à vapeur et de nombreux voiliers.

Nos principaux ports, le Havre, Marseille, Bordeaux, sont en communication pour ainsi dire constante avec Rio-de-Janeiro.

Plusieurs Compagnies de transports ont des services parfaitement réguliers entre ces deux dernières villes, notamment la Compagnie des Messageries Maritimes et la Pacific Steam Navigation Company, avec chacune deux services par mois.

Le trajet de Bordeaux à Rio dure de 18 à 20 jours.

Transports à l'intérieur. — La question des voies de communication est toujours, pour un grand pays en voie de développement comme le Brésil, une question vitale.

C'est de la facilité des transports que dépendent, en première ligne, le développement de la colonisation, du commerce, de l'industrie, et, par suite, la prospérité du pays.

Au point de vue minier, qui nous préoccupe plus particulièrement, ce qui a trait aux transports est toujours l'un des points les plus importants à considérer.

Il y a peu de temps encore, la province de Minas-Geraes était dépourvue presque complètement de toute voie de communication. Aujourd'hui, on y accède facilement par le chemin de fer Dom Pedro II, et dans quelques années, cette voie ferrée étant prolongée au travers du district, la question des transports sera résolue aussi favorablement que possible pour l'exploitation des gisements aurifères de cette région.

Actuellement, toutefois, les transports sont encore difficiles et coûteux sur un assez long parcours, ainsi que nous allons le voir.

Chemin de fer Dom Pedro II. — De Rio-de-Janeiro, comme nous venons de le dire, on gagne la province de Minas-Geraes par le chemin de fer Dom Pedro II.

En 1881, cette voie ferrée avait son terminus à Barbacena; en 1882, elle fut ouverte au trafic jusqu'à Carandahy et en 1883 jusqu'à Queluz, village situé à près de 450 kilomètres de Rio-de-Janeiro, en suivant le tracé du chemin de fer. Les travaux, on le voit, sont poussés activement[1].

Le trajet de Rio à Quéluz se fait en 16 heures. C'est relativement long; mais le chemin de fer traverse un pays excessivement accidenté, sans rencontrer la moindre plaine; la voie serpente constamment sur

1. Voir la carte du chemin de fer Dom Pedro II. Planche 77.

le flanc des montagnes, en montant sans cesse. Barbacena est déjà à plus de 1,000 mètres au-dessus du niveau de la mer, ce qui explique suffisamment cette faible vitesse.

Le chemin de fer Dom Pedro II ne va pas directement sur Ouro-Preto, la capitale de la province. Ce fait semble anormal, mais la traversée de l'Itacolumy offre de trop grandes difficultés; le tracé contourne cette chaîne à l'ouest et se dirige vers Sabara.

Un embranchement est en voie d'exécution pour relier Ouro-Preto à la grande ligne; on espère qu'il sera terminé dans deux ou trois ans au plus tard.

Trajet de Queluz à Ouro-Preto et aux mines. — De Quéluz, point terminus actuel du chemin de fer Dom Pedro II, pour gagner Ouro-Preto et les diverses mines du district, on n'a plus d'autre moyen de locomotion que le cheval ou la mule.

Les routes, qui se sont faites toutes seules, pour ainsi dire, ne permettent pas le voyage en voitures.

Les premiers voyageurs, en traçant ces chemins, ont voulu naturellement aller au plus court; et comme le pays est de plus en plus accidenté, on se trouve à chaque instant en présence de montées très rapides et difficiles à gravir.

Durant la saison sèche, le sol se désagrège facilement et donne lieu à une couche de poussière très épaisse et très fatigante. Lors de la saison des pluies, cette poussière se trouve entraînée dans les bas-fonds où elle forme des lacs de boue dont il faut se méfier, tandis que les parties hautes sont ravinées en tous sens.

D'ailleurs, pour aller d'une mine à l'autre, on n'a, le plus souvent, d'autre chemin que les ravins creusés par les eaux.

Cette difficulté de locomotion, jointe à la chaleur tropicale du jour, rend le voyage à cheval assez pénible. De plus, le pays étant fort peu peuplé, on ne peut songer à trouver en route le moindre confortable. Les haltes sont tout indiquées et il n'y a guère à choisir; ce sont, le plus souvent, des maisons isolées où le coucher surtout laisse énormément à désirer.

On comprendra donc facilement que le voyageur préfère la voie ferrée, même avec la lenteur que nous signalions tout à l'heure, au voyage à cheval, beaucoup plus long et surtout plus pénible.

Quant aux marchandises, elles sont transportées à dos de mulets ou à l'aide de chars.

Transports par mulets. — Ce mode de transport est de beaucoup le plus facile, étant donné l'état des routes; aussi est-il employé de préférence toutes les fois que cela est possible, c'est-à-dire pour toutes les marchandises légères ou peu encombrantes.

Les mulets voyagent par troupes de 30, 40 et plus, sous la conduite de quelques individus nommés *tropeiros*. Ils sont généralement dociles et suivent facilement un des leurs qui sert de guide; c'est pourquoi deux hommes suffisent, le plus souvent, pour conduire une troupe assez nombreuse.

Transports par chars. — Dès que l'on est en présence de colis lourds, volumineux, qui ne peuvent être divisés, on doit avoir forcément recours aux chars, car la charge d'un mulet ne peut guère dépasser une centaine de kilogrammes.

Ces chars sont d'une construction simple et solide tout à la fois; ils sont montés sur deux roues presque pleines et fixes sur l'essieu.

L'attelage est généralement composé de 12 à 14 bœufs, quelquefois plus. Malgré cela, le travail de ces bœufs est des plus pénibles, car, en parcourant le chemin qu'ils doivent suivre, on rencontre bien des endroits que l'on jurerait complètement infranchissables.

A la montée, on voit le conducteur, armé d'une longue perche, courir tout le long de l'attelage, criant à perdre haleine, frappant l'un, piquant l'autre, jusqu'à ce que le tout s'ébranle et avance d'un pas ou deux. Immédiatement, les pauvres bêtes n'en peuvent plus, et les conducteurs sont obligés de caler les roues du char, par derrière, pour leur donner le temps de reprendre haleine.

A la descente, le travail est en sens contraire; on ne laisse généralement à l'avant que les deux bœufs qui sont au timon, et l'on attelle tous les autres à l'arrière du char pour le retenir.

On comprend que dans ces conditions les bœufs ne peuvent fournir qu'un parcours de quelques kilomètres par jour.

Prix et durée des transports. — Malgré toutes ces difficultés, le prix du transport par chariots est généralement le même que celui du transport à dos de mulets, eu égard au poids transporté.

Néanmoins, l'on doit toujours, autant que cela est possible, fractionner les colis de façon à les rendre transportables à dos de mulets, parce que le transport par chars est d'abord complètement impossible durant la saison des pluies, et, de plus, exige un temps bien plus long.

A l'époque où nous étions au Brésil, les mulets mettaient 7 à 8 jours pour apporter un chargement de Barbacena à Passagem, c'est-à-dire pour faire un trajet de 150 kilomètres, tandis qu'un char avait besoin de 12 à 15 jours et quelquefois plus.

Quant au prix de ce genre de transports, nous en donnerons une idée en disant que, de Barbacena à Passagem, on payait 2,000 reis par arroba, c'est-à-dire près de 5 francs les 15 kilos ou plus de 300 francs par tonne.

On voit quelle économie de temps et d'argent l'achèvement du chemin de fer fera réaliser aux Compagnies minières du district d'Ouro-Preto.

Service postal et télégraphique. — Nous avons vu que Bordeaux possède deux services réguliers de bateaux à vapeur touchant à Rio-de-Janeiro, celui des Messageries Maritimes et celui de la Pacific Steam Navigation Company, avec chacun deux départs par mois.

Ces Compagnies sont chargées toutes deux du service des postes, de sorte qu'il arrive un courrier d'Europe chaque semaine à Rio.

Ouro-Preto reçoit les correspondances de Rio tous les deux jours.

Quant aux communications télégraphiques, elles sont déjà relativement faciles, puisque, depuis 1881, la ville d'Ouro-Preto possède une ligne qui la met en relations avec Rio-de-Janeiro. Seulement, il faut porter les dépêches à Ouro-Preto.

Avec l'achèvement du chemin de fer, ces communications deviendront encore plus rapides.

§ II. — Aspect général du pays. — Orographie et hydrographie du district minier d'Ouro-Preto. — Climat. — Animaux nuisibles.

Aspect général du pays. — Le sol, avons-nous dit, est excessivement accidenté. Depuis Rio-de-Janeiro jusqu'à Ouro-Preto et même au delà, ce ne sont que montagnes jetées les unes sur les autres et séparées plutôt par des ravins que par des vallées.

Ces montagnes sont, pour la plupart, couvertes de magnifiques forêts jusqu'aux sommets les plus élevés; les cours d'eau sont nombreux et abondants; la végétation luxuriante.

Au sortir de Rio, et sur un assez long parcours, de nombreuses forêts ont fait place à d'importantes plantations de caféiers et de cannes à sucre; on sent que ces contrées, plus voisines de la côte, ont ressenti les premières les effets bienfaisants de la civilisation et se sont développées et enrichies en conséquence.

Un peu plus loin, le paysage est moins riant; on aperçoit nombre de montagnes dénudées, n'ayant plus que de hautes herbes pour toute végétation. Cela doit provenir en grande partie du mode barbare de défrichement adopté dès l'origine et encore usité aujourd'hui : le feu.

La population, très clairsemée en ces endroits, se trouvant en présence d'une quantité de terrain vierge presque inépuisable, ne songea nullement à économiser les magnifiques forêts qui le recouvraient. On conçoit facilement que, à la fin de la saison sèche, dans ces forêts où les lianes et les plantes parasites de toutes sortes forment un fouillis inextricable, le feu se propage rapidement et nettoie une superficie bien plus grande que celle qui est réellement nécessaire pour les plantations à effectuer.

Il faut avoir vu un de ces feux pour se rendre compte de l'effet qu'ils produisent; les arbres se fendent en produisant des craquements et des détonations parfois très fortes; de loin, on croirait entendre les feux nourris de deux armées en présence.

Il convient d'ajouter que, dès qu'un terrain est jugé ne plus rapporter suffisamment, il est abandonné par les habitants qui se transportent ailleurs pour y renouveler les mêmes méfaits.

Toutefois, ces déboisements, un peu trop violents, c'est vrai, ont du moins eu pour effet de contribuer puissamment à l'assainissement du pays.

Malheureusement, cela se pratique encore aujourd'hui, et il serait temps d'en finir avec ce procédé barbare, car la suppression des forêts amène la disparition des eaux, au grand détriment de la végétation.

Cet aspect, un peu désolant, tend cependant à se modifier; avec le chemin de fer arrivent des bras qui vont remettre en culture ces terrains abandonnés. De nombreux villages se créent sur tout le parcours de la voie ferrée, et c'est un vrai plaisir de voir, à chaque station, les

nombreuses constructions qui sont venues se grouper autour des quelques huttes qui existaient auparavant.

Les maisons, d'ailleurs, sont vite construites en ce pays : des pans de bois grossiers, formés de poteaux et de chevrons bruts, constituent les murs, les intervalles étant remplis de terre battue ; un toit de chaume ou de feuilles de palmiers par-dessus et tout est dit.

Quelques maisons, cependant, sont un peu plus soignées ; les poteaux sont équarris, les murs crépis et blanchis, les toits couverts de tuiles.

Dans le district d'Ouro-Preto, les forêts ont également disparu en grande partie, non seulement pour la culture, mais aussi pour les besoins de l'exploitation des mines. Néanmoins, l'on en rencontre encore de magnifiques, même en plein Itacolumy.

Orographie et hydrographie du district minier d'Ouro-Preto. — Cette région est caractérisée par le *massif d'Ouro-Preto*, nœud du système orographique de la province et formé de plusieurs chaînes de directions diverses dont l'Itacolumy est le point culminant ; puis par la *serra do Espinhaço* (chaîne de l'épine dorsale) qui part du massif d'Ouro-Preto et court du sud au nord, séparant les eaux des deux plus grands fleuves de la province : le Rio Doce et le Rio San-Francisco.

De nombreux contreforts s'en détachent, donnant lieu à toute une série de petits cours d'eau, affluents du Rio das Velhas et du Rio Doce.

C'est dans le massif d'Ouro-Preto que ces deux fleuves prennent naissance ; le premier, sur le versant nord, au morro San-Sebastiao ; le second, à l'ouest de la ville même d'Ouro-Preto où il porte le nom de Rio Funil.

C'est dans le bassin du Rio das Velhas et dans ceux des divers affluents du Rio Doce (versant est de la serra do Espinhaço) que se trouvent les gisements aurifères constituant le district minier d'Ouro-Preto,

Climat. — Le climat du district d'Ouro-Preto est très sain. Cela est dû tout d'abord au relief très accidenté du sol, formé par l'entrecroisement de chaînes de montagnes fort importantes et très hautes.

Nous avons vu que Barbacena est déjà à plus de 1,000 mètres au-dessus du niveau de la mer ; en approchant du district, on continue à s'élever ; ainsi, Ouro-Preto est à 1,120 mètres, et le sommet de l'Itacolumy à 1,750 mètres d'altitude.

Les déboisements successifs dont nous avons parlé et la mise en culture d'une superficie de terrain de plus en plus grande ont dû contribuer puissamment aussi à l'assainissement de la contrée.

Saisons. — Il existe au Brésil deux saisons bien distinctes, non pas au point de vue de la température, mais sous le rapport de l'humidité : la saison sèche et la saison des pluies.

La saison sèche, durant laquelle il ne tombe pour ainsi dire pas une goutte d'eau, et que pour cette raison on nomme l'*été*, dure de mai à septembre. Elle est chaude, mais non désagréable ; elle est seulement un peu gênante pour procurer une nourriture fraîche aux chevaux et aux mulets.

La saison des pluies, l'*hiver*, commence généralement fin septembre et dure jusque vers la fin d'avril. Il survient alors des orages comme on n'en voit que sous les tropiques et les pluies finissent par entraver énormément les communications quand elles ne les rendent pas complètement impossibles.

Malgré la dénomination des saisons, la plus chaude correspond aux pluies. Toutefois, la température est presque constante ; d'un bout de l'année à l'autre, la chaleur durant le jour est très forte, mais, en raison de l'altitude sans doute, les nuits sont relativement fraîches ; le corps, reposant bien, se retrempe par un sommeil régulier et peut supporter facilement la chaleur du lendemain.

Les arbres sont toujours verts, et dans bien des endroits nous avons eu l'occasion de voir des orangers portant fleurs et fruits en même temps et pendant la majeure partie de l'année.

En somme, le climat n'offre rien à redouter, et la seule précaution à prendre est d'éviter les refroidissements lorsque arrive la nuit.

Animaux nuisibles. — Nous ne pouvons être aussi optimiste relativement aux animaux nuisibles que l'on est sujet à rencontrer et contre lesquels il est bon de prendre certaines précautions.

Ce sont surtout, et pour ne citer que les principaux : les serpents, les scorpions, les vampires.

Les serpents pullulent dans toute la contrée, malgré la présence de leur ennemi juré, le *séréama*, qui les tue d'un seul coup de bec pendant leur sommeil. On en rencontre une foule d'espèces, et tout particulièrement le *cascavel* ou serpent à sonnettes.

Les scorpions se trouvent un peu partout et même dans les maisons.

Le vampire est surtout terrible pour les chevaux et les mulets qu'il rançonne à merci durant la nuit.

Nous devons ajouter qu'il existe une foule de mouches et d'insectes qui, sans être positivement nuisibles, n'en sont pas moins très désagréables. Il serait trop long et fastidieux de les énumérer.

Toutefois, durant près d'un an que nous sommes resté au Brésil, nous n'avons pas entendu citer un seul accident sérieux dû à la présence de tous ces animaux.

§ III. — Population. — Alimentation. — Culture. — Industrie. — Main-d'œuvre.

Population. — Les nombreuses tribus indigènes qui peuplaient le Brésil, lors de sa découverte par les Portugais, furent peu à peu refoulées vers l'intérieur en même temps que décimées à la suite des guerres incessantes que leur livraient les Européens pour prendre possession du pays.

Aujourd'hui, ces peuplades sont presque complètement anéanties; leurs débris se sont peu à peu fondus dans la population nouvelle. Cependant on cite encore, dans la province de Minas-Geraes, quelques tribus insoumises sur les rives du Rio Doce.

A part ces quelques survivants d'une race presque éteinte, la population se compose aujourd'hui :

De *blancs*, descendants des Portugais qui, quelque temps après la conquête, pénétrèrent dans la province et s'y fixèrent;

De *nègres*, libres ou esclaves;

De *gens de couleur*, provenant du croisement des diverses races qui, depuis plusieurs siècles, se trouvent en présence.

Les blancs, naturellement, détiennent le pouvoir, le sol, le commerce; cependant, nombre de gens de couleur sont devenus propriétaires et occupent même une certaine situation dans l'État.

Quant à la population noire esclave, elle tend à disparaître de jour en jour. Depuis 1872, tout enfant d'esclave naît libre, de sorte que le nombre d'esclaves va sans cesse diminuant, non seulement par suite de la mortalité, mais aussi en vertu de la libération amiable qui se pratique assez largement.

De cette façon, le travail libre se substitue, pacifiquement et sans secousses, à l'esclavage qui, bientôt, n'existera plus qu'à l'état de souvenir.

Dans la province de Minas, on rencontre aussi quelques Européens, surtout dans les exploitations de mines. Ils s'y acclimatent très facilement.

Le Brésilien est aimable, obligeant et hospitalier; la population est très douce, et la sécurité au point de vue des personnes est complète.

Dans le district d'Ouro-Preto, la population est beaucoup plus dense que dans le reste de la province, et cela se conçoit : les gisements aurifères attirèrent une foule d'individus et, depuis lors, leur exploitation n'ayant pas cessé, la colonie progressa rapidement.

De nombreux villages et même des villes d'une certaine importance se sont créés, parmi lesquels nous pouvons citer :

Ouro-Preto (or noir), ville de 10,000 habitants et capitale de la province, qui s'éleva sur l'emplacement des premiers gisements découverts et prospéra rapidement, à tel point qu'elle fut dénommée tout d'abord *Villa ricca* (la ville riche).

Marianna, sur le Rio do Carmo, petite ville de 3,000 habitants qui fut érigée en évêché.

Sabara, sur le Rio das Velhas, qui eut son heure de prospérité alors qu'on exploitait les riches alluvions trouvées dans son voisinage, mais qui est bien déchue aujourd'hui.

D'ailleurs, plusieurs autres agglomérations, d'une certaine importance autrefois, n'ont pas survécu aux richesses qui les avaient fait naître, Gongo-Socco entre autres.

Nous citerons encore *Congonhas do Sabara*, dont le développement de date beaucoup plus récente, est dû surtout à l'ouverture et à l'exploitation de l'importante mine de Morro-Velho.

Toutes ces agglomérations sont autant de centres où peuvent s'approvisionner assez facilement les exploitants actuels des gisements aurifères.

Alimentation. — Les éléments principaux de la nourriture brésilienne sont : le riz, les haricots rouges, la viande séchée au soleil (carne secca) et la farine de manioc.

Toutefois, on trouve facilement du bœuf, de la volaille, des salaisons, des conserves, mais peu de légumes et pas de gibier.

Le manque de pain est l'une des grandes privations que ressente l'Européen lorsqu'il voyage dans l'intérieur ; il peut cependant s'en procurer dans les centres cités plus haut.

La boisson ordinaire, après l'eau, est le café ; le vin et la bière doivent s'importer d'Europe et coûtent fort cher.

En somme, l'indigène se nourrit facilement et à peu de frais ; et l'Européen, en dépensant plus, c'est vrai, peut arriver à vivre assez confortablement.

Culture. — Par suite du manque de voies de communication, les produits du sol ne peuvent s'exporter et doivent être à peu près consommés sur place ; c'est pourquoi l'agriculture est si peu développée. Cependant, le district d'Ouro-Preto est sensiblement favorisé sous ce rapport, en raison de la densité de sa population.

Comme céréales, on ne cultive que le maïs pour les chevaux et les mulets.

Pour l'homme : le manioc, les haricots, le riz, les patates, quelques herbes à cuire et la pomme de terre, cette dernière assez rarement.

Comme arbres fruitiers : des bananiers, des orangers et quelques caféiers.

La culture des autres légumes est complètement délaissée, leur consommation n'entrant pas dans les habitudes des indigènes. Cependant le climat s'y prêterait parfaitement.

Industrie. — A part l'exploitation des mines d'or dont nous allons nous occuper tout à l'heure, le district d'Ouro-Preto n'a d'autre industrie que celle du fer qui, d'ailleurs, est encore à l'état embryonnaire.

Si cette contrée a été favorisée au point de vue de l'or, elle l'est bien plus encore quant au fer. Il existe des gisements puissants d'hématite et de fer oligiste ; ces derniers surtout constituent probablement les gisements les plus riches du monde entier.

Presque toujours le fer oligiste est accompagné d'oxydes de manganèse qui ajoutent à sa valeur ; en certains points, au pied de la Serra do Caraça, par exemple, ces oxydes de manganèse entrent pour 9 pour 100 environ dans la composition du minerai de fer ; en d'autres, comme dans les environs de Sabara, la proportion est encore plus considérable.

Ce qui manque pour que l'exploitation de ces gisements devienne une véritable industrie, ce sont les débouchés. Aujourd'hui, on se contente de fabriquer du fer pour les pelles, les pioches, les clous qui servent à ferrer les animaux, quelques fers pour les usines qui traitent les minerais d'or, et c'est tout.

Cette fabrication se fait dans de petits établissements disséminés de ci de là et qu'il est bien difficile de décorer du nom d'usines, car le minerai y est fondu généralement dans de petits fourneanx par loupes de quelques kilos. Un de ces établissements cependant, celui de Monlevade, construit déjà des pièces assez importantes, telles que manivelles, paliers et coussinets, ferrures pour roues hydrauliques, etc.

Cette industrie est appelée certainement à se développer, et si le Brésil acquiert un jour, au point de vue de la population et du commerce, une situation comparable à celle de notre Europe, ce qui est à présumer, ce jour-là le district d'Ouro-Preto retirera de ses mines de fer plus de prospérité peut-être que ne lui en auront donné ses mines d'or.

Main-d'œuvre. — Autrefois, la main-d'œuvre, dans les exploitations de mines, était fournie en grande partie par l'élément esclave.

Il n'en est plus de même aujourd'hui; c'est un élément sur lequel il n'y a plus à compter.

Malgré cela, par suite des nombreuses exploitations qui existent depuis longtemps dans le district, la main-d'œuvre est abondante. Elle est fournie principalement par la population indigène où l'on trouve non seulement des manœuvres, mais aussi des mineurs, des charpentiers, etc.

Comme contremaîtres, on rencontre généralement des Européens, des Anglais surtout; cependant, certains sujets de couleur, à ce titre, méritent d'être appréciés.

On a enfin la facilité d'introduire l'élément européen. La Compagnie Saint-John d'El-Rey occupe un grand nombre de mineurs italiens à sa mine de Morro Velho, et à des prix relativement modérés. Nous en rencontrâmes qui venaient d'être engagés au Saint-Gothard, moyennant une paye mensuelle de 25,000 reis ou 60 francs environ, en sus de la nourriture et du logement.

Les salaires donnés aux gens du pays sont les suivants :

Manœuvres.	1,000 à 1,500 reis, soit	2 fr. 25	à 3 fr. 50
Mineurs	1,200 à 2,000 —	2 75	à 5 »

Charpentiers, maçons, etc.	2,000 à 3,500	—	4 50 à 8	50

Chefs-mineurs, chefs charpentiers, etc., 250 à 300 francs par mois.

Comme on le voit, la main-d'œuvre est à bon marché, ce que l'on est loin de trouver dans la majeure partie des districts aurifères.

CHAPITRE II

GÉOLOGIE DE LA RÉGION

§ I. — Constitution géologique et minéralogique du district minier d'Ouro-Preto. — Schistes quartzeux et quartzites. — Itabirites. — Schistes argileux. — Dykes calcaires. — Canga.

Constitution géologique et minéralogique du district minier. — La majeure partie du centre de la province de Minas est constituée tout particulièrement, comme nous l'avons dit, par la grande chaîne de montagnes qui sépare les eaux des rios Das Velhas et San-Francisco de celles des rios Doce et Jequitinhonha, la *serra do Espinhaç* .

Elle est formée principalement de schistes quartzeux superposés à des micaschistes, à des gneiss granitoïdes et quelquefois même à de véritables granites qui apparaissent à des niveaux différents dans les divers bassins de cette région et qui forment la base de tous les terrains de la province.

On y rencontre également des diorites et des amas de diverses autres roches telles que tourmaline, dysthen, etc., mais dans des proportions beaucoup moins considérables.

Une autre formation fort importante est celle des schistes argileux qui semblent aussi reposer directement sur les micaschistes. Le peu d'études géologiques faites jusqu'à présent dans la province n'a pas encore permis d'avoir une idée exacte sur l'âge relatif de ces roches, quarzites et schistes argileux. A Passagem, cependant, les quarzites semblent reposer sur des schistes argileux, ce qui paraît démontrer l'antériorité de ces derniers, ou mieux de certains d'entre eux.

Au-dessus des schistes quartzeux se trouvent, en maints endroits, des quartzites ferrugineux caractérisés par la présence du fer oligiste. Ces roches, auxquelles on a donné le nom d'itabirites, occupent le niveau supérieur des roches métamorphiques qui constituent le district d'Ouro-Preto.

Enfin, comme roches relativement récentes, nous rencontrons des couches de conglomérats formés de débris des roches sous-jacentes et dont le plus important est le canga.

Les roches principales qui composent le district minier d'Ouro-Preto peuvent donc se classer comme suit, en raison des différents niveaux qu'elles occupent :

Les *micaschistes et gneiss* dont nous ne nous occuperons pas autrement, vu qu'ils ne jouent aucun rôle dans les gisements aurifères qui font l'objet de cette étude;

Les schistes argileux;

Les schistes quartzeux ou itacolumites;

Les quartzites ferrugineux ou itabirites;

Le canga.

Schistes quartzeux et quartzites. — Ces roches, les plus importantes du district, ne sont schisteuses en réalité qu'à la partie inférieure; peu à peu elles perdent leur schistosité et deviennent des quartzites compacts. On pourait donc en former deux subdivisions :

Les quartzites inférieurs ou schisteux;
Les quartzites supérieurs ou compacts.

Les quartzites inférieurs sont formés de grains irréguliers de quartz, non cimentés, mais disséminés dans une substance verte qui avait été prise pour du talc et qui n'est en réalité qu'un silicate d'alumine coloré par du fer et du chrome, ainsi qu'il résulte de nombreuses études et analyses faites par M. Gorceix, directeur de l'école des mines d'Ouro-Preto.

Dans ces roches, la substance verte est disposée en couches qui permettent un clivage facile.

On trouve des quartzites de cette catégorie aux portes mêmes d'Ouro-Preto, sur la route de Marianna.

Dans les quartzites supérieurs, qui sont de beaucoup plus importants,

la substance verte n'est plus disposée en couches, mais se trouve disséminée irrégulièrement dans la masse, au point de disparaître parfois complètement.

C'est pour cette raison que les quartzites, de schisteux, deviennent compacts.

Ces derniers sont parfaitement caractérisés dans la chaîne de l'Itacolumy et c'est ce qui leur a fait donner le nom d'itacolumites.

Toutes ces roches, aussi bien les quartzites de la partie inférieure que ceux de la partie supérieure, sont traversées par un grand nombre de filons aurifères.

Itabirites. — Dans les itabirites, la matière verte a non seulement disparu, mais elle est remplacée par du fer oligiste qui caractérise tout spécialement cette formation et devient l'élément principal.

Ainsi, en certains endroits, il entre pour la moitié environ dans la composition de la roche, mais dans beaucoup d'autres la proportion de quartz devient très faible et quelquefois nulle.

La roche, alors, est constituée presque exclusivement de fer oligiste et donne lieu à ces magnifiques gisements de minerai de fer dont nous parlions tout à l'heure et qui atteignent parfois 200 mètres d'épaisseur.

Les itabirites peuvent être divisées en deux classes, eu égard à leur constitution physique.

Elles sont tantôt arénacées, très friables, et sous cette forme portent le nom de *jacutinga ;* tantôt, au contraire, et surtout lorsque le quartz disparaît, elles sont dures et constituent des blocs qui prennent le nom de *pedras de ferro* (pierres de fer).

Dans les itabirites friables, on rencontre aussi des gisements aurifères très importants, mais qui ne sont plus constitués en filons. Ils se présentent plutôt sous forme d'amas disséminés très irrégulièrement dans le jacutinga.

Schistes argileux. — Ces roches sont en général peu dures, onctueuses au toucher et se laissent facilement rayer par l'ongle, caractères qui les firent considérer pendant longtemps comme des roches talqueuses.

Cependant elles sont constituées principalement, tout comme la matière verte des quartzites, par un silicate d'alumine auquel viennent s'a-

jouter de la soude, de la potasse, de la magnésie, du fer, en proportion variables, mais relativement faibles.

Ces schistes présentent de nombreuses variétés, dans leur aspect, dans leur constitution physique, dans leur couleur. On en rencontre de verts, de jaunes, de rouges, de noirs; les uns sont très peu schisteux, d'autres le sont davantage, d'autres enfin passent à de véritables argiles. En un mot, ces nombreux et divers caractères semblent indiquer que ces roches devraient être classées en un certain nombre de subdivisions, mais ce ne peut être que le résultat de longues études et de patientes recherches.

Pour le moment, nous pouvons les diviser en deux grandes classes, en ne considérant que le niveau géologique auquel elles se trouvent placées :

1° Les schistes inférieurs aux itabirites;

2° Les schistes assimilables aux itabirites.

Dans les roches de la première catégorie, le caractère argileux est bien moins prononcé que dans celles de la seconde.

Elles se présentent sous différents types, suivant le degré de cristallisation des éléments qui les composent.

Ainsi, certaines d'entre elles passent insensiblement à de véritables roches cristallines telles que les micaschistes; d'autres, au contraire, se rapprochent de véritables ardoises.

Dans les premières, on rencontre nombre de filons de quartz, et cette apparition des filons semble liée précisément à cette cristallisation mieux caractérisée de la roche.

Les schistes de la seconde catégorie présentent un caractère argileux bien plus développé. Ils sont très peu consistants, plus ou moins onctueux au toucher et se décomposent très facilement, donnant une argile rouge caractéristique. Quelquefois même, ils passent à des couches de véritable argile.

Dans ces schistes argileux du groupe supérieur, les filons de quartz sont plus rares. On y rencontre cependant des gisements aurifères nombreux et importants; mais ils paraissent, comme dans les itabirites, disséminés irrégulièrement dans la masse.

Ces schistes argileux atteignent quelquefois une puissance de plus de 100 mètres et occupent des étendues de terrain fort considérables.

On rencontre aussi, formant dykes au milieu de ces schistes, des cal-

caires cristallins purs ou mélangés à des carbonates de magnésie, mais en amas généralement peu importants. Cependant, dans les bassins du Rio das Velhas et du Rio San-Francisco, ces calcaires prennent un développement plus considérable.

Canga. — Le canga est un conglomérat de formation récente. Il est composé de fragments d'itabirites auxquels s'ajoutent quelquefois des fragments de quartz réunis par un ciment argileux.

Les itabirites, en bien des endroits, ont été soumises à des phénomènes d'érosion très considérables; aussi le canga forme-t-il des couches d'une grande étendue et dont la puissance va jusqu'à 20 mètres et plus.

Ce conglomérat est quelquefois aurifère, soit que les fragments dont il est composé aient été détachés d'itabirites aurifères, soit que l'argile ferrugineuse qui a servi de ciment ait entraîné avec elle des parcelles d'or, ce qui est beaucoup plus probable.

§ II. — Filons. — Filons-couches. — Filons-cheminées. — Mode de distribution de l'or dans les filons. — Gisements dans les itabirites. — Canga.

Filons. — Le district d'Ouro-Preto est sillonné par un grand nombre de filons quartzeux dont la plupart ont été étudiés. Ils ont été reconnus aurifères et travaillés, mais superficiellement.

Tous ces filons sont encaissés dans les quartzites et les schistes argileux du groupe inférieur.

Leurs directions se rapprochent de celles des deux principaux soulèvements qui ont donné à la contrée son relief actuel et qui sont sensiblement N.-S. et E.-O.

La gangue se compose en majeure partie de quartz blanc, nacré, imprégné de pyrites, auquel se joignent quelquefois des masses assez importantes de tourmaline noire également imprégnée de pyrites.

Ces pyrites sont tantôt des pyrites de fer ordinaires jaunes, tantôt des pyrites arsénicales, et alors elles sont beaucoup plus aurifères.

Dans certains cas, le corps du filon devient une véritable masse de pyrites, le quartz disparaissant presque complètement.

Quelquefois, enfin, les filons traversent également les itabirites ou

les schistes argileux du groupe supérieur. Dans ce cas, ils paraissent décomposés ; le quartz est carié, taché d'un jaune brun ; il présente de nombreuses veines d'oxyde de fer suivant lesquelles il se brise facilement.

Ces oxydes de fer doivent provenir de pyrites décomposées, car il est reconnu qu'ils renferment la presque totalité de la richesse du filon.

Suivant la façon dont les filons aurifères se présentent, on peut les diviser en deux classes : les filons-couches et les filons-cheminées.

Filons-couches. — Nous désignons sous le nom de filons-couches ceux qui ont une grande étendue en direction.

Ils dépendent du massif d'Ouro-Preto et des divers contreforts de la serra do Espinhaço. Ils sont caractérisés par une grande abondance de quartz, par la présence de la tourmaline et surtout par la pyrite arsenicale qui s'y trouve abondamment et presque exclusivement, la pyrite ordinaire jaune faisant souvent défaut.

Ce système de filons n'offre, jusqu'à présent, que peu de travaux en profondeur. C'est à Passagem qu'ils sont le plus développés, et la galerie la plus longue n'a pas 200 mètres suivant l'inclinaison du gîte.

Là, le filon se présente au contact des itacolumites et des itabirites. Sa direction est sensiblement N-E-S-O ; il incline de 20° environ vers le sud-est. Sa puissance est très variable ; elle est quelquefois réduite à 30 ou 40 centimètres, alors qu'en bien des endroits elle atteint jusqu'à 6 mètres et plus.

Les pyrites arsénicales, qui représentent la véritable richesse du gisement, sont disséminées très irrégulièrement dans le quartz qui, parfois, forme des bancs de plusieurs mètres d'épaisseur pour ainsi dire vierges de pyrites.

Le plus souvent, le quartz ou la tourmaline imprégnés de pyrite forment des bandes de 20 à 30 centimètres d'épaisseur intercalées dans autant de couches de la roche encaissante.

Quelquefois, enfin, on rencontre des filets de 10 à 15 centimètres d'épaisseur constitués par de la pyrite grenue, presque pure.

On peut suivre les affleurements de ce filon sur plus d'un kilomètre.

Filons-cheminées. — Ces gisements, à l'encontre de ceux dont nous venons de parler, sont fort limités en direction et se présentent

sous la forme de véritables cheminées traversant les schistes et quartzites sous un angle d'environ 45° avec l'horizontale.

Les filons de ce système se trouvent dans le bassin du Rio das Velhas et dépendent des contreforts de la serra da Piedade qui limite ce bassin à l'ouest. Leur direction est sensiblement N-S ; ils plongent à l'est.

Dans ces filons, le quartz n'existe plus que dans une proportion relativement faible ; le remplissage est constitué presque entièrement par de la pyrite massive, mais cette fois par de la pyrite de fer ordinaire.

Comme type de ce genre de filons, nous pouvons citer celui de *Morro Velho ;* c'est d'ailleurs le seul qui, jusqu'à présent, ait donné lieu à une exploitation vraiment sérieuse.

Il constitue une cheminée dont la section horizontale a de 150 à 200 mètres de longueur sur une largeur qui varie de 7 à 14 mètres.

A la superficie, en affleurements, on avait trouvé trois cheminées pyriteuses, séparées par des schistes quartzeux analogues à ceux qui constituent la roche encaissante. En profondeur, les schistes allèrent en se rétrécissant et finirent par disparaître, de sorte qu'à une centaine de mètres les trois cheminées s'étaient réunies en seul corps.

A partir de ce moment, le filon se montra très régulier, non seulement comme puissance, comme constitution, mais aussi comme richesse.

La plus forte teneur obtenue (rendement industriel) a été, croyons-nous, d'environ 10 oitavas[1] par tonne, soit 36 grammes, mais cela dans des cas exceptionnels ; le plus souvent, le rendement s'est maintenu entre 5 et 6 oitavas, soit de 18 à 22 grammes.

Dans une propriété voisine, à Rapozos, nous avons pu constater l'existence, sur une longueur de moins d'un kilomètre, de vingt et quelques veines de dimensions diverses et sensiblement parallèles, mais ayant toutes une tendance très marquée à augmenter de puissance en profondeur. Il en résulte qu'à un moment donné, elles pourraient se grouper de façon à constituer un ou plusieurs corps importants de minerai.

Ces deux espèces de filons, on le voit, ont des caractères parfaitement tranchés et diffèrent essentiellement sous tous les rapports : étendue, direction, inclinaison et constitution minéralogique.

1. L'oitava vaut $3^{gr},58$.

Mode de distribution de l'or dans les filons. — Le quartz, avons-nous dit, est communément la gangue qui constitue le filon ; on y rencontre l'or en grains généralement invisibles et disséminés dans toute la masse.

Dans les filons où le quartz est en proportion relativement faible par rapport à la pyrite, l'or apparaît en grains plus gros.

Mais la présence de l'or est surtout liée à celle de la pyrite, et souvent le quartz semble ne jouer qu'un rôle tout à fait secondaire. Toute la richesse paraît concentrée dans la pyrite, de sorte que l'on est tenté d'admettre que cette pyrite a été le véritable véhicule de l'or.

C'est surtout dans les pyrites arsénicales que le métal précieux se rencontre en grande abondance.

L'or est rarement visible à l'état natif dans les masses pyriteuses; cependant, il y existe réellement en grains excessivement fins. Toutefois, cet or libre ne représente souvent qu'une faible partie de la quantité réellement contenue dans ces roches; le reste ne peut être mis facilement en liberté; il est retenu par les pyrites dans un état de mélange intime ou de combinaison chimique qui n'a pu être, jusqu'à présent, parfaitement déterminé. C'est cet état de mélange intime ou de combinaison qui rend le traitement de ces minerais sulfurés relativement difficile et imparfait.

Il est à remarquer que si les pyrites jaunes sont moins riches que les pyrites arsénicales, en revanche elles renferment une proportion plus considérable d'or pouvant être mis facilement en liberté, toutes choses égales d'ailleurs.

Ajoutons encore que l'or semble réparti assez uniformément dans la pyrite, ce qui n'a pas lieu dans le quartz.

Gisements aurifères dans les itabirites. — En outre des filons quartzeux qui, dans certains cas, traversent les itabirites et les schistes argileux du groupe supérieur, ces roches renferment des gisements aurifères d'une nature toute particulière et qui semble toute spéciale au Brésil.

Ici, les pyrites ont complètement disparu; l'or se trouve disséminé dans la roche en paillettes très fines, le plus souvent, mais qui s'agrègent quelquefois de façon à former de grosses pépites, de véritables barres d'or d'un poids relativement énorme.

A première vue, l'or semble disséminé très irrégulièrement en amas,

dans la masse des itabirites; cependant, il ne serait pas étonnant qu'il le soit suivant certaines lignes d'une orientation parfaitement déterminée, comme dans les filons les mieux définis.

Cette dissémination irrégulière de l'or fait que ces gisements sont capricieux et inconstants; cependant, plusieurs d'entre eux ont donné de très beaux résultats.

Nous pouvons citer ceux de *Gongo-Socco* qui ont donné à leurs propriétaires plus de 30 millions de francs en douze ans et ceux de *Maquiné*, exploités encore aujourd'hui par une Société anglaise, la Dom Pedro Mine, qui, en certaines années, a donné à ses actionnaires des dividendes équivalant au capital.

Quelquefois on rencontre, en relation avec les itabirites, des couches d'argile aurifère, soit au contact des quartzites, soit dans les schistes argileux du groupe supérieur. Les couches d'argile rouge dénommées *bugres*, que l'on rencontre notamment dans la propriété Antonio Pereira, sont dans ce cas; elles sont notablement aurifères.

A la mine de Pitanguy, une galerie de recherche, après avoir traversé les quartzites, rencontra, avant d'atteindre les itabirites, une couche d'argile d'une très grande richesse.

Canga. — Le canga, en tant que minerai aurifère, a été exploité par les anciens en une foule de points du district. Mais la teneur aurifère de ce conglomérat est toujours relativement faible; son exploitation pouvait avoir sa raison d'être alors que la main-d'œuvre, provenant exclusivement d'esclaves, ne coûtait presque rien; aujourd'hui, elle est complètement abandonnée.

CHAPITRE III

DE L'EXPLOITATION DE L'OR DANS LE DISTRICT D'OURO-PRETO

Historique de l'exploitation de l'or. — Bien que, dès 1573, la province de Minas-Geraes ait été explorée par Fernandez Tourinho et par quelques imitateurs, il ne semble pas que les gisements aurifères

furent connus dès cette époque. Ce n'est guère qu'un siècle plus tard que des habitants de la province de San-Paolo commencèrent à pénétrer dans l'intérieur et explorèrent les provinces de Goyaz et Minas-Geraes.

C'est à deux de ces aventuriers, Manuel Garcia et Salvador Fernandez, qu'on attribue la découverte de trésors immenses là où s'est élevée la ville d'Ouro-Preto.

La nouvelle de cette découverte se répandit rapidement dans la province de San-Paolo et de nombreuses caravanes accoururent de toutes parts.

Tout en faisant la part de l'exagération, qui est toujours de mise en pareil cas, nous devons dire que tout fait présager, en effet, que des dépôts très riches ont pu s'effectuer en cet endroit. La couche d'itabirites dans le massif d'Ouro-Preto, à en juger par les quelques témoins restés en place, devait être autrefois très puissante. Elle devait être aurifère, comme le sont les itabirites voisines. On conçoit donc que les phénomènes d'érosion, se produisant, ont pu déterminer l'entraînement rapide des matières légères, accumulant ainsi, à proximité du point de départ, dans de petits bassins naturels formés par le relief même du sol, l'or et une partie du fer oligiste que les eaux ne pouvaient entraîner.

C'est, d'ailleurs, un phénomène qui se continue encore aujourd'hui, et l'on peut voir chaque année, après les pluies, les *faiscadores* lavant avec leur battée les sables amenés dans les divers cours d'eau de la région.

Quoi qu'il en soit, il est un fait certain : c'est que les environs d'Ouro-Preto ont été énormément travaillés en tous sens. Il subsiste toute une série de collines sur lesquelles la ville s'est étagée, et l'on peut dire que les maisons mêmes, en grande partie, reposent sur d'anciens travaux.

Les Paulistes ne restèrent pas longtemps paisibles possesseurs de leurs gisements ; Rio de Janeiro envoya aussi ses explorateurs et bientôt la division se mit entre les nouveaux occupants. Une guerre fratricide s'ensuivit, et les Paulistes, battus, durent abandonner leurs découvertes aux derniers arrivés.

C'est alors qu'ayant trouvé des alluvions très aurifères sur les rives du Rio das Velhas, ils fondèrent la ville de Sabara.

D'autres chercheurs pénétrèrent dans le bassin du Rio-Doce, explo-

rèrent les premiers affluents de ce fleuve et s'installèrent sur les contreforts qui leur donnent naissance. Depuis deux cents ans, certaines parties de cette région n'ont pas cessé d'être exploitées, mais toujours superficiellement ; c'est d'ailleurs la région où dominent les itabirites et les schistes argileux, toutes roches friables et faciles à désagréger.

Après avoir épuisé les alluvions, les explorateurs s'attaquèrent à ces gisements dans les itabirites et de la façon la plus simple. Ils détournaient les eaux qui descendent de la montagne pour l'amener sur la couche à exploiter, puis facilitaient à ces eaux leur tache de désagrégation; les matières entraînées passaient dans un canal préparé d'avance où l'or, plus lourd, se déposait.

On conçoit qu'avec un tel système, il survenait à chaque instant, et surtout lors de la saison des pluies, des éboulements qui recouvraient la couche aurifère ; lorsque les déblais à enlever devenaient trop importants, on abandonnait tout simplement l'exploitation et l'on cherchait à côté.

Plus tard, enfin, on découvrit les filons et, comme les autres exploitations devenaient plus difficiles et moins rémunératrices, l'on songea à en tirer parti.

Le minerai des premiers affleurements riches découverts était broyé à la main dans des mortiers; mais, comme l'or est excessivement divisé dans la masse, il fallait, pour le mettre en liberté, amener le minerai à l'état de poudre impalpable. Pour cela, les chercheurs d'or prenaient une pierre d'itacolumite assez large, plane, très résistante, et en formaient une espèce de table sur laquelle ils plaçaient une faible quantité de minerai broyé ; puis, avec une autre pierre bien lisse, ils le frottaient, l'écrasaient, et cela avec une patience admirable jusqu'à ce qu'il soit amené à l'état de finesse voulu.

Ce résultat obtenu, ils lavaient le produit avec précaution, à la battée, et récoltaient l'or que sa densité retenait au fond.

Le minerai, naturellement, était soigneusement choisi ; néanmoins, l'on reste confondu en songeant qu'une semblable opération était lucrative.

Mais bientôt l'extraction devint difficile et coûteuse, et c'est à dater de ce moment que commencèrent les tentatives réellement industrielles pour l'exploitation des mines.

Nous arrivons ainsi à l'époque actuelle.

État actuel de l'industrie minière. — L'industrie minière, à proprement parler, ne date guère que d'une quarantaine d'années. Encore aujourd'hui, elle est fort peu développée ; elle progresse lentement, et c'est peut-être un grand bien pour le pays.

Le district d'Ouro-Preto n'a pas vu de ces engouements précipités qui font affluer en un jour, pour ainsi dire, des capitaux énormes dans une même contrée sans qu'une étude judicieuse ait guidé préalablement l'emploi de ces capitaux. Aussi n'éprouve-t-on pas, en le parcourant, cette tristesse, ce serrement de cœur que pour notre part, nous avons ressentis en visitant d'autres centres miniers et voyant succéder les usines aux usines, toutes installées grandement, mais toutes silencieuses et représentant nombre de millions engloutis.

Ici, nous rencontrons peu d'usines importantes, nous ne pourrions guère citer que Morro-Velho et Pary traitant des minerais provenant de filons pyriteux, la première avec 135 pilons, la seconde avec 50 ; puis la mine de Maquiné exploitant des gisements dans les itabirites.

A part cela, on ne rencontre que de petites exploitations faites, à peu de frais, sur des affleurements.

Celles-là, par exemple, sont nombreuses ; elles n'ont, le plus souvent, à leur disposition, que des batteries de 4 ou 6 pilons, mais, au moins, elles fonctionnent ; elles ne donnent certainement pas de grands bénéfices, mais la plupart produisent plus qu'elles ne dépensent. Telles sont, Faria, Santa-Rita, Antonio Pereira, Pitanguy, Barra, Itabira, etc.

Seulement, on conçoit que des moyens aussi limités ne permettent pas de travailler les filons bien profondément. Il arrive un moment où une installation devient absolument nécessaire pour l'extraction des minerais ; la moindre venue d'eau nécessite des pompes ; en un mot, bientôt surgissent des difficultés qui ne peuvent être vaincues qu'avec de l'argent. C'est le moment critique, et c'est à l'absence de capitaux aussi bien qu'au manque de méthode dans la conduite de l'exploitation, comme il arrive toujours en pareil cas, qu'est due la suspension des travaux dans quelques concessions.

En résumé, voici quelle est la situation actuelle des mines d'or dans le district d'Ouro-Preto :

Quelques grandes compagnies ayant donné de magnifiques résultats ;

Nombre de petites exploitations qui réussissent à vivre et même à réaliser certains bénéfices ;

Enfin, quelques travaux arrêtés par suite du manque des fonds nécessaires pour vaincre les difficultés d'une exploitation en profondeur.

Considérations générales sur l'exploitation des filons. — L'extraction se fait généralement par une galerie suivant l'inclinaison du filon. La force motrice pour l'extraction et l'épuisement aussi bien que pour les usines de traitement, est donnée par l'eau qui est très abondante dans tout le district.

Les filons sont encaissés dans des quartzites assez durs, de sorte que les travaux de mines nécessitent peu de boisages. D'ailleurs, on peut trouver tous les bois nécessaires à des prix relativement modérés quand ils n'existent pas sur la propriété même.

Le traitement est des plus simples : le minerai est broyé à l'aide de pilons, puis enrichi, au sortir de ces pilons, sur des tables dormantes recouvertes de peaux ou de flanelles. Les matières enrichies sont ensuite amalgamées dans des tonneaux et l'amalgame recueilli est distillé.

Les refus des tables dormantes et des tonneaux d'amalgamation passent dans des arrastras où ils sont porphyrisés d'une façon plus complète, puis viennent s'enrichir sur de nouvelles tables dormantes. Les matières qui s'échappent de ces dernières tables sont rejetées et les matières enrichies sont amalgamées comme les premières.

Ce procédé donne un rendement d'environ 72 pour 100 de l'or réellement contenu dans le minerai.

Les petits exploitants n'emploient même pas l'amalgamation ; ils font laver simplement les matières enrichies à la battée ; seulement, ils perdent de l'or en conséquence.

Jusqu'à présent, on ne s'est nullement préoccupé de l'or restant dans les pyrites.

Les pilons sont construits sur les lieux mêmes ; les usines à fer fournissent la tête du pilon, les cames et les différentes ferrures nécessaires ; la flèche est en bois ; l'arbre porte cames, également en bois, est généralement le prolongement de l'arbre de la roue hydraulique qui doit lui donner son mouvement ; l'installation, en somme, est très simple et ne coûte pas très cher.

Si nous rappelons que la main-d'œuvre est abondante et à bon marché, et que les communications vont être sous peu très faciles, cas presque extraordinaire en pays de mines d'or, on voit que le district

minier d'Ouro-Preto présente des conditions plutôt favorables qui permettent une exploitation économique.

Et, en effet, à la mine de Morro-Velho, le prix de revient de la tonne traitée, toutes dépenses d'administration comprises, n'est que de 32 francs; et cependant, cette mine est aujourd'hui à une profondeur de plus de 600 mètres.

Lorsque les minerais peuvent être sortis au jour par une galerie à travers bancs et que, par suite, aucune installation n'est nécessaire pour l'extraction et l'épuisement, le prix de revient atteint à peine 20 à 25 francs.

Quant aux gisements dans les itabirites, il est impossible de leur assigner ni une teneur, ni un prix de revient; ils sont trop capricieux pour cela et ne peuvent donner lieu à une exploitation régulière.

Une veine aurifère étant découverte, on la suit et on l'exploite au moyen de galeries; tout à coup, elle disparaît sans laisser aucun indice qui puisse faire espérer de la retrouver un peu plus loin et guider les recherches. On est obligé d'opérer à tâtons, lançant des galeries en tous sens jusqu'à ce qu'on ait retrouvé la veine ou un nouvel amas de minerai aurifère. Ces recherches sont quelquefois longues et coûteuses, mais lorsqu'elles sont couronnées de succès, on est largement dédommagé par la richesse de l'amas rencontré.

Le mode d'exploitation le plus rationnel serait, croyons-nous, le procédé de Californie, auquel ces gisements, dans bien des cas, semblent devoir se prêter assez facilement.

MOTEURS A VAPEUR

UTILITÉ DES ANALYSES EXPÉRIMENTALES COMPARÉES. EFFETS DE L'ENVELOPPE A VAPEUR.

PAR M. O. HALLAUER [1].

Certainement, à l'époque actuelle, tout ingénieur qui s'occupe sérieusement de l'étude des machines à vapeur connaît, qu'il l'applique ou non d'ailleurs, la méthode d'analyse thermique de M. Hirn [2].

Je commence par rappeler sous forme digressive que cette *Théorie pratique du moteur à vapeur* vient tout particulièrement d'être mise à l'ordre du jour par deux travaux de M. G. Zeuner, sur lesquels nous n'avons point à insister ici, puisqu'ils sont publiés au *Civil-Ingénieur* 1881-1882. La réponse faite aux critiques de l'éminent analyste ayant également paru dans les *Bulletins de la Société industrielle de Mulhouse* (1882-1883), nous ne croyons pas indispensable de la résumer dans ce travail qui doit être avant tout très concis.

Le lecteur peut parcourir cette critique et sa réfutation, se rendre compte de la manière dont M. Zeuner entend discuter algébriquement et rejeter notre méthode et nos interprétations des phénomènes; il pourra aussi voir l'usage que fait M. Zeuner de deux hypothèses : l'une concernant l'eau mêlée à la vapeur comprimée dans les espaces nuisibles, l'autre ayant trait aux tourbillons internes qui doivent se pro-

1. Bien que ce travail ait été rédigé par M. Hallauer pour la Société des Ingénieurs civils, il ne nous a été remis qu'après sa mort, par le Comité de Mécanique de la Société industrielle de Mulhouse, qui nous a demandé en même temps l'autorisation de publier ce travail dans son bulletin. Autorisation que nous nous sommes empressés de lui accorder.

2. Ou encore d'analyse calorimétrique, la (*Calorimetrische Untersuchung der Dampfmaschinen*) des auteurs allemands qui, eux aussi, ont tenu à baptiser cette découverte importante. M. Hirn indique cependant avec le plus grand soin, dans son dernier ouvrage de Thermodynamique, pourquoi il donne le nom de *Théorie pratique* à une étude faite sur moteurs fonctionnant, afin d'éviter toute confusion avec les *Théories génériques* seules en usage jusqu'à ce jour.

duire pendant la période d'admission et se prolonger ensuite pendant une partie de la détente ; il décidera alors en connaissance de cause si nos résultats d'expérience, tous vérifiés et analysés sont, comme nous le pensons, incompatibles avec ces hypothèses et doivent les renverser.

L'ensemble de la discussion montre à tout juge impartial jusqu'à quel point l'Algèbre *seule* est impuissante à établir le sens des actions complexes qui ont leur siège dans les cylindres des machines, car cette discussion établit combien il est nécessaire, pour aborder une étude aussi laborieuse avec quelque chance de succès, de ne point perdre de vue la nature essentiellement physique du phénomène. Ce caractère particulier exclut, pour le moment du moins, toute recherche faite en dehors du terrain expérimental, oblige par suite, si l'on veut rester dans le vrai, à de fréquentes observations faites sur les machines en marche ; aussi est-ce la voie que nous avons suivie.

Nous n'avons pas besoin d'ajouter, je pense, que pour mener ce genre d'investigations à bonne fin, il faut aussi connaître à fond le moteur que l'on étudie, c'est-à-dire être quelque peu praticien.

Ceci posé, revenons à notre point de départ ; la méthode d'analyse de M. Hirn, discutée, critiquée, retournée sous toutes ses faces, peut être considérée comme parfaitement connue ; mais en est-il de même de son application à l'étude comparée des cas les plus différents que puisse présenter la pratique journalière ?

Si j'insiste sur ce sujet déjà signalé dans plusieurs de mes précédents travaux, et tout particulièrement développé dans une étude critique sur les essais de moteurs à vapeur[1], c'est, qu'à ma connaissance du moins, l'emploi des analyses thermiques comparées est encore fort restreint malgré son utilité incontestable ; je puis donc espérer que notre Société d'ingénieurs verra avec intérêt les quelques résultats remarquables qui vont suivre.

Il va sans dire que toutes les quantités qui composent le tableau d'analyse proviennent de l'expérience seule ; elles ont été amenées à leur forme définitive par une série de calculs faits sur les observations directes, mais ne changeant en rien leur nature.

1. *Bulletins de la Société industrielle de Mulhouse*, 1881, et chez M. Gauthier-Villars, éditeur à Paris.

RÉSULTATS DE L'ANALYSE THERMIQUE

	MACHINE CORLISS				MACHINE MARINE
	avec enveloppe	sans enveloppe	avec enveloppe	sans enveloppe	enveloppe incomplète
Travail indiqué en chevaux-vapeur de 75 kilogrammètres	102^{ch}	82^{ch}	162^{ch}	132^{ch}	2123^{ch}
Nombre de tours par minute	30^{t},36	49^{t},92	49^{t},96	49^{t},18	77^{t},7
Fraction d'introduction ou degré de détente	0,0567	0,0586	0,150	0,135	0,170
Pression aux chaudières	5^{k},786	5^{k},766	5^{k},704	5^{k},662	5^{k},187
Proportion d'eau entraînée	1 %	1 %	4 %	4 %	4 %
Poids du mélange vapeur et eau contenu dans le cylindre	0^{k},1383	0^{k},1703	0^{k},2214	0^{k},2542	2^{k},8405
Poids de vapeur saturée sèche présent à la fin de l'admission	0^{k},0740	0^{k},0741	0^{k},1562	0^{k},1306	1^{k},5388
Poids d'eau contenue dans le mélange de vapeur et eau	0^{k},0643	0^{k},0962	0^{k},0652	0^{k},1236	1^{k},3017
Proportion pour 100 d'eau contenue dans le mélange	46 %,5	56 %,4	29 %,5	48 %,7	45 %,9
AF_a chaleur du travail absolu à pleine pression	2^{c},36	2^{c},33	6^{c},16	5^{c},22	64^{c},5
Poids du mélange vapeur et eau contenu dans le cylindre	0^{k},1383	0^{k},1703	0^{k},2214	0^{k},2542	2^{k},8405
Poids de vapeur saturée sèche présent à la fin de la détente	0^{k},1105	0^{k},1041	0^{k},1874	0^{k},1586	1^{k},9651
Poids d'eau contenue dans le mélange vapeur et eau	0^{k},0278	0^{k},0662	0^{k},0340	0^{k},0956	0^{k},8754
Proportion pour 100 d'eau contenue dans le mélange	20 %,1	38 %,8	15 %,4	37 %,6	30 %,7
AF_b chaleur du travail absolu de la détente	9^{c},57	8^{c},06	12^{c},78	10^{c},86	112^{c},8
Q_a chaleur fournie aux parois pendant l'admission et par l'enveloppe	36^{c},33	48^{c},07	34^{c},84	58^{c},11	596^{c},2
Q_d chaleur cédée aux parois pendant la compression	0^{c},04	0^{c},30	0^{c},02	0^{c},13	23^{c},1
Q_b chaleur cédée par les parois pendant la détente	22^{c},66	15^{c},42	22^{c},87	16^{c},37	269^{c},1
Q_v chaleur perdue par le rayonnement extérieur des parois	2^{c}	1^{c},50	2^{c}	1^{c},80	18^{c}
$R_c = Q_a + Q_d - Q_b - Q_v$ refroidissement au condenseur	11^{c},71	31^{c},45	10^{c}	40^{c},07	332^{c},2
Valeur de R_c rapportée à la chaleur totale amenée par la vapeur	12 %,6	29 %	7 %	25 %,2	20 %,1
Quantité d'eau présente à la fin de la détente rapportée au poids de vapeur sèche présent	25 %,2	63 %,7	18 %,1	60 %,2	44 %,6
Quantité d'eau évaporée par R_c pendant l'échappement rapportée au même poids de vapeur sèche fin de détente	19 %,1	54 %,6	9 %,8	46 %,3	30 %,9
Valeur approchée de l'eau entraînée pendant l'échappement rapportée au même poids de vapeur sèche	6 %,1	9 %,1	8 %,3	13 %,9	13 %,7
Chaleur totale qu'apporte la vapeur à la machine par coup de piston	92^{c},28	108^{c},17	144^{c},34	159^{c},53	1654^{c},6
Poids de vapeur saturée sèche que représente cette quantité de chaleur	0^{k},1410	0^{k},1653	0^{k},2205	0^{k},2439	2^{k},5338
Consommation de cette vapeur saturée sèche par cheval absolu et par heure	7^{k},447	10^{k},102	7^{k},389	9^{k},631	9^{k},073
Travail négatif du vide rapporté au travail absolu	10 %,6	16 %,4	9 %,2	11 %,2	18 %,4
Consommation de vapeur saturée sèche par cheval indiqué et par heure	8^{k},310	12^{k},072	8^{k},136	10^{k},847	11^{k},124

C'est ainsi, par exemple, que les différentes fractions du travail : à pleine pression, à détente, absolu total, indiqué, ont été mesurées à l'aide du planimètre Amsler sur une série de diagrammes relevés avec soin, puis écrites suivant les besoins de l'analyse, soit en chevaux vapeur, soit en kilogrammètres, ou bien encore en calories à raison de 425 kilogrammètres pour une calorie.

Le poids du fluide qui traverse le cylindre à l'état d'un mélange de vapeur et d'eau provient aussi de mesures directes faites pendant un temps plus ou moins long, mais toujours suffisant, 10 à 12 heures généralement. Des mesures analogues donnent encore le poids de vapeur condensé dans l'enveloppe et nécessaire à l'évaluation complète du nombre de calories apportées au cylindre.

Enfin les pressions relevées sur les diagrammes aux différents points remarquables de la course, introduites dans les formules de la thermodynamique, donnent : les poids de vapeur saturée sèche, leur température, leur chaleur interne, la chaleur du liquide, etc., etc., qui mènent directement aux échanges de calories effectués par coup de piston.

Toules ces valeurs sont suffisamment dénommées dans le tableau ci-contre pour quiconque est au courant de la *Théorie pratique Hirn* sans qu'il soit nécessaire d'insister sur aucune d'entre elles; aussi passons-nous immédiatement à l'étude comparée des essais eux-mêmes.

Nous avons fait voir, dans un travail sur les machines fixes et marines, publié en 1880[1], comment deux moteurs établis dans des conditions analogues, réglés à leur maximum de rendement, ont expérimentalement une même consommation, quelles que soient d'ailleurs leurs dimensions respectives, c'est-à-dire la puissance qu'ils sont susceptibles de développer.

Cette épreuve a porté sur des forces de 85 à 8,500 chevaux vapeur; elle légitime donc, par ce côté du moins, l'étude comparée que nous allons entreprendre, bien que la machine marine ait à effectuer un travail quinze fois plus élevé que le travail produit par le moteur Corliss.

Sous d'autres rapports, les deux moteurs ont des dispositions semblables, car l'introduction et toute l'expansion ont lieu dans le même cylindre; de plus, la distribution est faite, dans l'une (la Corliss), par

1. *Bulletins de la Société industrielle de Mulhouse*, et chez M. Gauthier-Villars, éditeur à Paris.

quatre tiroirs circulaires, dans l'autre, par quatre soupapes équilibrées, organes régulateurs à peu de chose près équivalents au point de vue du résultat final ; enfin la fraction d'introduction, prise dans les limites du maximum de rendement, est en somme peu différente pour la machine marine et deux essais au moins du moteur Corliss. Tout cela réuni rend rigoureusement comparables entre elles les trois séries d'essais, et le résultat de notre examen pratique sera, comme nous le verrons bientôt, une nouvelle confirmation du principe posé : deux moteurs de même système ont des consommations identiques, quelle que soit d'ailleurs leur puissance.

Mais avant d'entreprendre ce parallèle, arrêtons-nous un instant aux valeurs d'analyse qui résultent des quatre essais faits sur la machine Corliss ; elles ont leur côté intéressant que l'on ne saurait négliger, car elles montrent sous une forme très nettement accusée, les effets de l'enveloppe de Watt si bien élucidées par M. Hirn il y aura bientôt trente ans.

Si nous mettons d'abord en ligne de compte les consommations par cheval indiqué et par heure, nous voyons que l'enveloppe semble donner un bénéfice plus élevé lorsque l'expansion est plus prolongée

L'introduction 0,06 accuse une économie de

$$\frac{12^k,072 - 8^k,310}{12^k,072} = 31 \text{ pour } 100$$

tandis que l'introduction 0,14 ne donne que

$$\frac{10^k,847 - 8^k,136}{10^k,847} = 25 \text{ pour } 100$$

Le fait paraît tout naturel à quiconque connaît l'action d'ensemble de cette chemise de vapeur ; toutefois nous devons dire que sous cette forme première d'appréciation l'économie relative de l'enveloppe n'est pas d'une rigueur absolue, qu'elle ne tient pas compte d'une variable, en partie indépendante du travail positif effectué sur le piston, mais capable cependant d'affecter ce travail assez diversement, suivant les dispositions adoptées par le constructeur.

Nous voulons parler ici du travail négatif du vide dont les valeurs, indiquées dans le tableau pour chaque cas particulier, sont loin de

croître proportionnellement au travail absolu[1]. Pour être entièrement correct, nous devons nous débarrasser de cette cause d'irrégularité, comparer entre elles les calories consommées, ou, ce qui revient au même, les poids de vapeur saturée sèche dépensés par cheval absolu et par heure ; nous aurons alors :

Pour l'introduction 0,06 un avantage de

$$\frac{10^k,102 - 7^k,447}{10^k,102} = 26\ ^0/_0,2,$$

et pour l'introduction 0,14 une économie de

$$\frac{9^k,631 - 7^k,389}{9^k,631} = 23\ ^0/_0,3,$$

c'est-à-dire un écart de 3 pour 100 seulement entre les effets de l'enveloppe à des introductions variant plus que du simple au double.

Toute faible que soit cette différence, elle n'implique cependant pas une action totalement identique dans l'un et dans l'autre cas, comme le prouve du reste fort bien une étude attentive des résultats d'analyse. Nous voyons en effet la chemise de vapeur agir diversement sur les transformations du fluide, diminuer les condensations à la fin de l'admission dans une proportion spéciale à chaque expansion :

$56\ ^0/_0,4 - 46\ ^0/_0,5 = 9\ ^0/_0,9$ à l'introduction 0,06,
$48\ ^0/_0,7 - 29\ ^0/_0,5 = 19\ ^0/_0,2$ à l'introduction 0,14,

puis rapprocher vers la fin de la détente les écarts entre les poids d'eau présents à ce moment dans le cylindre :

$38\ ^0/_0,8 - 20\ ^0/_0,1 = 18\ ^0/_0,7$ à l'introduction 0,06,
$37\ ^0/_0,6 - 15\ ^0/_0,4 = 22\ ^0/_0,2$ à l'introduction 0,14,

donner lieu, en un mot, à une différence d'évaporation relative plus considérable pendant la détente la plus prolongée :

$18\ ^0/_0,7 - 9\ ^0/_0,9 = 8\ ^0/_0,8$ à l'introduction 0,06,
$22\ ^0/_0,2 - 19\ ^0/_0,2 = 3\ ^0/_0$ à l'introduction 0,14,

résultat qu'il était facile de prévoir dès la fin de l'admission, car nous

1. Cette forme du travail, connue depuis assez longtemps (voir les travaux de M. Hirn, de M. Isherwood, etc.), est celle que l'on obtient en supposant le vide parfait ou absolu sous le piston, au lieu et place d'une contre-pression variable dont le constructeur peut disposer à sa guise, entre certaines limites bien entendu.

avons à très peu près le même poids d'eau ($0^k,0643$ et $0^k,0652$) présent sur une paroi chauffée également par l'extérieur du cylindre, mais supportant à l'intérieur des pressions moins élevées dans un cas que dans l'autre ; rien d'étonnant alors si nous trouvons une évaporation plus forte ($0^k,0365$ contre 0^k0312) à la pression la moins élevée.

Enfin, pour terminer le parallèle des effets de l'enveloppe à deux introductions différentes, nous devons noter un écart assez faible relevé entre les quantités de chaleur (R_c) soustraites aux parois pendant la période d'échappement :

29 °/₀ — 12 °/₀,6 = 16 °/₀,4 à l'introduction 0,06,
25 °/₀,2 — 7 °/₀ = 18 °/₀,2 à l'introduction 0,14,

ce qui provient de la différence peu considérable déjà signalée plus haut :

38 °/₀,8 — 20 °/₀,1 = 18 °/₀,7 à l'introduction 0,06,
37 °/₀,6 — 15 °/₀,4 = 22 °/₀,1 à l'introduction 0,14,

qu'offrent entre eux les poids d'eau présents dans le cylindre à la fin de la détente.

Si maintenant nous étudions la chemise de vapeur au point de vue de ses effets d'ensemble, nous sommes en présence d'un fait brutal, indiscutable, qui frappe tout d'abord l'observateur : une dépense de calories beaucoup plus faible.

$108^c,17 - 92^c,28 = 15^c,89$ aux introductions de 0,0567 et 0,0556, soit en moyenne 0,578,
$159^c,53 - 144^c,34 = 15^c,19$ aux introductions de 0,135 et 0,150, soit en moyenne 0,14,

donne naissance à des travaux notablement plus considérables :

102 chevaux-vapeur au lieu de 82 à l'introduction 0,06,
162 chevaux-vapeur au lieu de 132 à l'introduction 0,14,

sans que nous puissions, de prime abord, expliquer cette action curieuse, due à un simple transport des condensations venant à s'effectuer sur la paroi externe du cylindre au lieu de se produire sur la paroi interne. Mais ce qu'il y a de plus étrange encore, c'est de voir le changement de position des surfaces refroidissantes diminuer les condensations tout en augmentant leur effet utile, résultat évidemment contraire aux hypothèses en apparence les plus rationnelles.

Les machines à un cylindre, pourvues d'une enveloppe bien disposée, ne condensent extérieurement aux parois que les 5 à 6 centièmes environ du poids total de vapeur dépensée. Comment se fait-il alors qu'elles réalisent une économie de 20 à 25 pour 100, tandis que des condensations internes plus énergiques parfois de 10 pour 100 n'ont aucun effet? C'est là un renversement des fonctions physiques du moteur dont la cause certaine nous échappe, bien que les effets en soient très nettement accusés par les diverses valeurs d'analyse.

Tantôt l'enveloppe diminue peu les condensations pendant l'admission, lorsque l'introduction ne découvre qu'une faible partie de la surface annulaire du cylindre échauffée par elle,

Avec enveloppe 46 %, 5 + 6 % dus à l'enveloppe, total 52 %, 5 } à l'introduction 0,06
Sans enveloppe .... 56 %, 4

mais augmente l'évaporation pendant la détente :

Avec enveloppe............. 46 %, 5 — 20 %, 1 = 26 %, 4 } à l'introduction 0,06
Sans enveloppe............. 56 %, 4 — 38 %, 8 = 17 %, 6

tantôt elle diminue notablement les condensations initiales lorsque l'admission est plus prolongée :

Avec enveloppe 29 %, 5 + 5 % dus à l'enveloppe, total 34 %, 5 } à l'introduction 0,14
Sans enveloppe .... 48 %, 7

sans augmenter l'évaporation pendant la détente en proportions aussi fortes :

Avec enveloppe............. 29 %, 5 — 15 %, 4 = 14 %, 1 } à l'introduction 0,14
Sans enveloppe............. 48 %, 7 — 37 %, 6 = 11 %, 1

mais cependant pour arriver toujours au même résultat final : une diminution considérable du poids d'eau présent au cylindre vers la fin de la course; d'où une évaporation moindre sur ses parois pendant l'échappement; et des quantités de chaleur (R_c) beaucoup plus faibles enlevées à celles-ci par la vapeur qui se rend au condenseur.

29 % — 12 %,6 = 16 %,4 à l'introduction 0,06,
25 % — 7 % = 18 %,2 à l'introduction 0,14,

Comme cette chaleur s'en va en pure perte, il résulte de ce fait une première économie réalisée sur la dépense du moteur, bénéfice

auquel nous devons encore ajouter celui qui provient d'une meilleure utilisation des calories transformées en travail pendant la détente.

En somme, comme le dit fort bien M. Hirn dans son dernier ouvrage de Thermodynamique, le mérite de l'enveloppe de Watt est surtout de céder la chaleur au moment opportun.

Toute cette succession des effets de l'enveloppe, si simplement établie dans son ordre naturel, se révèle à nous uniquement par l'emploi judicieux des analyses thermiques comparées, sans lesquelles il est à peu près impossible d'élucider un phénomène aussi complexe. L'utilité de recherches entreprises en ce sens n'est donc plus à démontrer et nous allons soumettre au même contrôle l'essai de la machine marine.

Cette dernière possède également une enveloppe de vapeur, assez mal établie il est vrai. Nous devons cependant excuser en partie le constructeur et dire tout d'abord que ce perfectionnement n'est pas d'une application facile lorsque les cylindres à vapeur ont un diamètre presque double de la course. Il faut alors disposer cette chemise, non seulement autour du cylindre, comme on le fait généralement pour machines fixes, mais encore sur les fonds, en ayant soin de ne rien perdre de la partie disponible de ces surfaces, les premières en contact avec la vapeur d'admission.

Quoi qu'il en soit, nous n'avons pas à indiquer ici comment il faut appliquer une enveloppe convenable aux machines marines, mais bien à décider si l'enveloppe, telle qu'elle est construite, agit ou non.

Tout observateur superficiel qui jugerait ce moteur d'après sa consommation par cheval indiqué et par heure $11^{k},224$, plus élevée de $2\ ^{0}/_{0},5$ que celle de la machine Corliss sans enveloppe de vapeur, déclarerait immédiatement l'enveloppe insuffisante et son action nulle; il condamnerait certainement l'emploi d'un système d'appareil aussi peu économique.

Cependant l'enveloppe agit, comme nous allons le voir; seulement cette action est masquée par le mauvais vide qu'amènent quelques dispositions malheureuses dues au constructeur. Les orifices d'échappement tout aussi bien que le condenseur à surfaces sont insuffisants, si bien que l'on perd par contre-pression 38 pour 100 du travail absolu, au lieu de n'avoir qu'un déchet de 9 à 33 pour 100, chiffre habituel des machines fixes et marines bien comprises, travaillant à l'introduction d'environ 0,35.

Débarrassons-nous de cette cause perturbatrice en comparant entre

elles les consommations par cheval absolu et par heure ; nous trouvons alors en faveur de la machine marine un avantage de

$$\frac{9^k,631 - 9^k073}{9^k,631} = 5\ ^0/_0,8$$

indiquant parfaitement le fonctionnement utile de l'enveloppe de vapeur. Du reste, les autres valeurs d'analyse viennent confirmer ce résultat, car nous avons des condensations moindres pendant l'admission.

Machine Corliss . . . . . 48 $^0/_0$,7 } différence 2 $^0/_0$,8
Machine marine . . . . . 45 $^0/_0$,9 }

des évaporations plus fortes pendant la détente :

48 $^0/_0$,7 — 37 $^0/_0$,6 = 11 $^0/_0$,1 machine Corliss
45 $^0/_0$,9 — 30 $^0/_0$,7 = 15 $^0/_0$,2 machine marine

et surtout des quantités de chaleur (R_c) plus faibles enlevées aux parois pendant la période d'échappement :

Machine Corlis. . . . . . 25 $^0/_0$,2 } différence 5 $^0/_0$,1
Machine marine . . . . . 20 $^0/_0$,1 }

qui montrent bien l'économie que donne l'enveloppe, si incomplète qu'elle soit.

Il est évident qu'avec quelques soins donnés à l'application d'une chemise de vapeur bien comprise, il eût été possible de réduire la consommation de la machine marine d'environ 6 pour 100 ; puis un bon vide, toujours facile à obtenir, autrement dit une contrepression plus faible, n'eût conduit qu'à 10 pour 100 de perte du travail absolu au lieu de 18 pour 100 C'est, en somme, une économie s'élevant presque à 15 pour 100 qu'aurait pu réaliser une construction mieux entendue, sans qu'il y ait eu rien à changer au type même du moteur, la distribution par quatre soupapes équilibrées bien établies donnant d'aussi bons résultats que le système Corliss.

La machine marine aurait alors consommé par cheval indiqué et par heure un nombre de calories qui, traduites en poids de vapeur saturée sèche, n'eût point dépassé 9 kilogr. et demi.

Nous avons bien, pour machines Woolf ou Compound, fixes ou marines, des consommations régulières de 8 kilogr. de vapeur saturée

sèche par cheval indiqué et par heure; mais ce bénéfice d'environ 15 pour 100 sur la précédente machine est surtout dû à l'effet plus énergique des enveloppes de vapeur recouvrant une grande surface [1], car, outre le petit et le grand cylindre, puis les fonds, la chemise de vapeur entoure encore une portion notable du réservoir qui reçoit la vapeur à sa sortie du petit cylindre. Le champ d'action est, comme on voit, considérable; beaucoup plus étendu même que dans le moteur Corliss, où ce perfectionnement donne cependant une économie d'environ 25 pour 100 sur le travail indiqué, correction faite de la non-égalité du vide.

On a dû remarquer que nous n'avons pas voulu adopter plus de 12 pour 100 comme effet total d'une enveloppe de vapeur convenablement appliquée à la machine marine; peut-être serait-il possible d'arriver plus loin, mais nous devons nous montrer circonspects dans ce genre d'évaluation et rester, comme nous l'avons toujours fait, dans les limites de la certitude pratique.

Ainsi voilà un moteur fonctionnant actuellement dans des conditions assez mauvaises pour que la Marine ait tout intérêt à le rejeter. Il demande pour évaporer 15 pour 100 en plus, des chaudières puissantes augmentant d'une façon notable le poids mort à transporter; puis il consomme 15 pour 100 de combustible en trop, nouveau chargement inutile qu'il faut ajouter à l'excès de dépense; tout cela parce que la machine n'est pas établie dans les conditions de bon rendement que comporte son système. Ces conditions sont d'ailleurs parfaitement réalisables dans la construction courante, comme le prouve l'examen analytique que nous venons d'exécuter.

L'utilité incontestable des analyses thermiques comparées doit être suffisamment établie maintenant, par les exemples qui précèdent, pour que nous n'ayons plus à insister sur ce sujet. Bientôt, nous l'espérons du moins, tout ingénieur-constructeur se composera une série d'essais parfaitement analysés sur le ou les systèmes de moteurs qui l'occupent plus spécialement, et saura l'employer comme guide pour exécuter, presque à coup sûr, un moteur de consommation donnée, certitude qui n'est point encore passée dans le domaine de la pratique, à n'en juger que par la machine marine étudiée plus haut.

1. En tenant déjà compte, bien entendu, de la plus-value des machines à deux cylindres, qui sont *génériquement* supérieures d'environ 5 pour 100 aux machines à un cylindre.

L'avantage de cette espèce d'échelle de construction m'avait déjà frappé depuis quelques années; aussi l'ai-je établie, dans ses grandes divisions au moins, en procédant sur machines fixes et marines. Le lecteur vient de voir ce qu'elle peut donner en fait de résultats directement utilisables; cela pourra peut-être l'engager à suivre une voie aussi féconde en résultats réellement pratiques.

NOTICE

SUR

FRANÇOIS-EUGÈNE DE FONTENAY

PAR M. DIDIERJEAN

DE FONTENAY, François-Eugène, Élève de l'École centrale des Arts et Manufactures, promotion 1832, né à Autun, en 1810, décédé à Autun le 25 février 1884.

Le 25 février dernier, nous avons perdu un collègue et un ami, dont l'École centrale se montrait fière à juste titre, et que l'Association amicale des anciens Élèves et la Société des Ingénieurs civils s'honoraient de compter au nombre de leurs membres.

Qu'il me soit permis, en résumant brièvement tous les progrès que M. de Fontenay a fait réaliser à l'art de la verrerie, de rendre hommage à la mémoire de mon maître vénéré ! C'est lui qui, à ma sortie de l'École centrale, a dirigé, avec sa bonté accoutumée, mes premiers pas dans l'industrie du verre.

Il était non seulement un ingénieur verrier et un industriel du plus grand mérite ; mais il était aussi un homme de bien dans toute la force du terme, un camarade des plus sympathiques et un sincère patriote! Tous ceux qui l'ont connu n'oublieront jamais sa belle et courageuse conduite pendant la guerre de 1870-1871, alors que l'armée allemande avait envahi notre territoire et pendant que son fils, sorti comme lui de l'Ecole centrale (1868) s'étant engagé volontairement, se battait vaillamment dans les rangs de notre armée, et recevait une glorieuse blessure à la bataille de Nompatelize dans les Vosges.

M. de Fontenay est entré à l'École centrale en 1829, l'année de sa fondation ; il était de cette première promotion de 1832 qui a montré immédiatement au monde industriel à quelle hauteur s'élevait l'enseignement de l'École, et combien cet enseignement répondait aux besoins de l'époque. Il faisait donc partie de cette phalange qui a donné à notre pays des ingénieurs tels que les Petiet, les de Fontenay, les Loustau,

les du Pan, etc., etc., dont nous avons lieu de nous enorgueillir; ils ont montré immédiatement combien étaient élevées, justes et grandes, les pensées qui ont dirigé les fondateurs de notre chère École, dont il ne survit plus que M. Dumas, notre illustre et vénéré maître [1].

En sortant de l'École centrale, en 1832, M. de Fontenay a pris la direction d'un ancien établissement, la verrerie de Plaine-de-Walsch.

A cette époque, l'industrie du verre était très arriérée au point de vue des procédés, non seulement en France, mais aussi en Angleterre, en Belgique et en Bohême, qui étaient les principaux centres de production; les belles leçons sur la chaleur, de notre estimable professeur-fondateur, M. Péclet, n'étaient point encore passées dans le domaine industriel.

Sous le rapport des produits, la France était très inférieure à la Bohême dans l'art de la verrerie. Tous les verres de couleur d'aspect riche, colorés dans la masse, ou bien appliqués en doublure, venaient des verreries de la Bohême. Celles-ci avaient profité, depuis longtemps, de leur situation plus rapprochée des anciennes verreries vénitiennes de Murano.

M. de Fontenay, dont l'intelligence ouverte à tous les progrès était vive et pénétrante, et dont l'esprit avait la netteté et la rectitude qui conviennent à toutes les sciences exactes, se mit à l'œuvre immédiatement, et peu de temps après son début dans la direction de la verrerie de Plaine-de-Walsch, il créa le *four de verrerie à courant d'air soufflé et alimenté par le bois desséché.* (Brevet de 1838.)

Jusque-là, *tous* les fours de verrerie étaient à courant d'air naturel, soit qu'ils aient été alimentés par de la houille, comme en Angleterre, ou bien par du bois desséché, comme en France et en Bohême.

L'introduction du courant d'air soufflé permit à M. de Fontenay de régulariser la fonte du verre. Auparavant, la fusion des matières, dans les fours de verrerie, était capricieuse. Elle dépendait non seulement de l'état plus ou moins sec du bois, mais aussi, pour une grande part, des circonstances atmosphériques.

En même temps, l'emploi du courant d'air soufflé raccourcissait la durée de la fusion des matières; il augmentait le temps qu'il était possible de consacrer au travail du verre; il permettait de régulariser les heures du travail des verriers, de façon à ne faire travailler les ouvriers

1. Quand cette notice nous a été adressée, nous n'avions pas encore eu la douleur de perdre notre cher Fondateur.

que pendant le jour, et à éviter par conséquent le travail de nuit; enfin il amenait une très importante économie de combustible.

Pour se faire une idée exacte de toute la valeur de cette innovation, il suffit de jeter un coup d'œil sur les anciens traités de verrerie de Loysel ou de Bastenaire-Daudenard; on verra quelle importance ils attachaient à ce que les fours de verrerie eussent un bon et fort tirage.

C'est M. de Fontenay qui, le premier en France, s'est occupé de la fabrication des verres colorés dans la masse et appliqués en doublure sur des objets de gobeletterie.

Au printemps de 1836, faisant un voyage d'agrément à Baden-Baden et à Francfort, il fut tellement frappé de l'éclat et de la supériorité des produits étalés dans les magasins allemands, comparativement à ce qu'il avait vu en France, que son amour-propre se révolta. Aussi, dès son retour à la verrerie de Plaine-de-Walsch, il se mit à l'œuvre pour apporter son contingent à l'émancipation de l'art de la gobeletterie en France.

Après des recherches intelligentes et laborieuses, il fut assez heureux pour réussir et obtenir, dès la fin de cette année 1836, des produits très remarquables.

La voie était ouverte! L'accueil fait par le commerce fut très favorable, et, à partir de ce moment, M. de Fontenay fit marcher rapidement, de progrès en progrès, la verrerie qu'il dirigeait, ainsi que l'on peut en juger par l'exposé suivant :

En 1836 :

Décoration de la gobeletterie au moyen de couleurs vitrifiables appliquées au pinceau, et rehaussées par la gravure.

Commencement de 1837 :

Production de la couleur pourpre au moyen de l'oxyde noir de cuivre, qu'il ramenait à l'état de protoxyde rouge, à l'aide de la limaille de fer ou des battitures calcinées et pulvérisées, qu'il projetait dans le creuset au moment où le verre était déjà entré en fusion.

Dans le courant de la même année, et quelques mois plus tard, production :

Des doublés-roses, ou rouge groseille, au moyen de l'or;

Des Doublés-bleu, au moyen de cobalt;

Des Doublés-vert et *Améthyste*, au moyen des oxydes de cuivre, de fer et de manganèse.

Ces différents doublés étaient obtenus en pièces de gobeletterie, avec application de tailles variées et riches.

L'apparition de tous ces produits, tout à fait nouveaux en France, acquirent une grande réputation à la verrerie de Plaine-de-Walsch (aujourd'hui la verrerie de Vallérysthal), que M. de Fontenay dirigeait d'une façon si brillante.

Au mois de mai 1838, à l'Exposition de Nancy, les produits de cette verrerie firent une telle sensation, qu'une médaille d'or fut décernée à M. de Fontenay personnellement.

Pendant cette même année 1838, un concours ayant été ouvert à la Société d'encouragement, il remporta trois prix relatifs à la gobeletterie (voir le rapport de M. Dumas, en décembre 1838 et la décision de la Société en date du 16 janvier 1839).

A l'Exposition de Paris, en 1839, la première médaille d'or fut décernée à la verrerie de Plaine-de-Walsch, pour ses verres doublés façon des verres de Bohême, et pour ses verres filigranés façon des verres de Venise.

En 1840, M. de Fontenay, appliquant à l'art de la verrerie les sels d'uranium, qui ont été si complètement étudiés par un de nos savants professeurs, M. Péligot, obtint les verres colorés à l'urane, désignés sous les noms de *Dichroïde jaune* et *Dichroïde vert*, en raison des reflets riches et d'une grande fraîcheur que ces verres présentent.

Ces beaux travaux avaient attiré l'attention des administrations de verrerie sur M. de Fontenay! La Compagnie des cristalleries de Baccarat se l'attacha d'abord comme ingénieur en 1841. Il y installa, pour la fonte du cristal, les fours à courant d'air soufflé qu'il avait appliqués, avec tant de succès, pour la fusion du verre, à la verrerie de Plaine-de-Walsch.

En 1842, à la cristallerie de Baccarat (dont il est devenu par la suite le directeur), il produisit les verres semi-opaques, qui sont désignés sous les noms de : *Agate* ou *Pâte de riz* ou *Albâtre*, *Bleu céleste* et *Chrysoprase*.

On a admis, parfois, que la semi-opacité de ces verres était produite par un excès de silice qui, n'entrant point en combinaison avec les bases, reste en suspension dans la pâte du verre.

Plus récemment, M. Péligot dans son beau livre : *le Verre, son histoire et sa fabrication*, a admis qu'elle était due à un commencement de dévitrification.

Quelle que soit l'explication que l'on admette, la production de ces verres semi-opaques demande un tour de main très délicat, et il a fallu à M. de Fontenay toute la perspicacité de son esprit, jointe à une connaissance très approfondie des phénomènes de la verrerie, pour arriver à la réaliser.

Jusqu'à cette époque, la décoloration du verre se faisait à l'oxyde noir de manganèse, que l'on désignait sous le nom de savon des verriers.

On admettait que l'oxyde noir de manganèse, en abandonnant une partie de son oxygène pendant la fusion des matières, suroxydait le fer provenant soit des matières premières, soit des creusets, de telle sorte que la teinte verdâtre produite par le silicate de protoxyde de fer disparaissait, et qu'elle se trouvait remplacée par la teinte très légèrement jaunâtre, considérablement moins apparente et plus agréable à l'œil, du silicate de sesquioxyde de fer.

Dans presque toutes les cristalleries, on procédait de la même façon pour décolorer le cristal; seulement on opérait sur des matières plus pures. Nous disons : dans presque toutes les cristalleries, parce que, dans quelques usines, en raison du peu de fixité que présente la décoloration au manganèse, on employait pour cet objet un plomb *spécial*, lequel donnait une coloration légèrement violette, et que l'on croyait être un plomb manganésifère.

C'est ce qui avait lieu à Baccarat, quand cette usine s'est attachée M. de Fontenay.

Avec son esprit net et pénétrant, il se mit courageusement au travail pour obvier au défaut de stabilité que présentait l'emploi de l'oxyde noir de manganèse. Et continuant ses recherches sur les oxydes colorants, il arriva rapidement à substituer, dans l'opération de la décoloration du cristal, l'oxyde de nickel, qui donne une décoloration stable, à l'oxyde noir de manganèse qui, en raison de la fugacité de sa coloration violette, produit très difficilement une décoloration régulière, stable et uniforme.

Cette substitution de l'oxyde de nickel à l'oxyde de manganèse, a marqué industriellement un très grand progrès dans la production du cristal. Elle a permis de l'obtenir régulièrement et toujours avec une égale blancheur.

Ce n'est point tout. Cette innovation faite par M. de Fontenay a démontré d'une façon irréfutable que, contrairement à ce que l'on avait

pensé jusque-là, *la décoloration soit du verre, soit du cristal, n'était point produite* par la suroxydation du fer, à l'aide de l'oxygène du manganèse, mais que cette décoloration était produite par une action de *couleurs complémentaires*, c'est-à-dire que la couleur violette produite soit par l'oxyde de manganèse à son maximum d'oxydation, soit par l'oxyde de nickel, est sensiblement complémentaire de la couleur verdâtre produite par l'oxyde de fer, lequel provient soit des matières premières, soit de l'argile des creusets de fusion, et que ces deux couleurs superposées en proportions convenables, donnent la couleur blanche, soit au verre, soit au cristal.

En 1846, M. de Fontenay s'est livré à la fabrication des verres dits *mille-fiori ;* il en a fait la première application sur des presse-papiers, qui ont obtenu une grande vogue; puis, il a étendu cette application aux objets de gobeletterie tels que : verres, coupes, vases et autres pièces de fantaisie. Ce genre était désigné par le nom de : *Moucheté mille-fiori*.

Nous venons de voir que M. de Fontenay était un ingénieur verrier des plus distingués et qu'une très grande part lui revient dans l'émancipation de l'art de la verrerie en France ; il a eu l'honneur de commencer ; il a été suivi par un autre de nos camarades, M. Clémandot, son ami, et leurs travaux, à tous deux, ont puissamment contribué à placer la verrerie française à la tête de cette industrie dans le monde entier.

Si nous y ajoutons les travaux scientifiques de notre savant professeur, M. Péligot, nous verrons que notre chère École centrale peut revendiquer une grande part dans les progrès qui ont été faits par l'art de la verrerie.

La rectitude du jugement de M. de Fontenay, la lucidité de son esprit, et la bonté de son cœur qui lui donnait une grande autorité sur les ouvriers, en faisaient un industriel de premier ordre. Par sa direction intelligente, en collaboration avec MM. Godard, Toussaint et Michaut, il a puissamment contribué à donner aux cristalleries de Baccarat, dont il était le directeur, la prospérité et le rang qu'elles occupent dans le monde entier.

Par sa bonté, par sa bienveillance, et par l'abnégation qu'il faisait de lui-même, il s'était profondément attaché le nombreux personnel d'employés et d'ouvriers qu'il dirigeait, ainsi que toute la population au milieu de laquelle il vivait et à la tête de laquelle, à Baccarat, il

s'était si noblement et si patriotiquement conduit en 1870-71, lors de l'envahissement de notre pays, par l'armée allemande.

M. de Fontenay a été nommé chevalier de la Légion d'honneur, en 1859, pendant qu'il était directeur de la cristallerie de Baccarat, pour ses travaux sur la verrerie ; il y a lieu de rappeler qu'il avait été proposé pour cette haute récompense, bien méritée déjà, en 1839 ; à ce moment il fut trouvé trop jeune, elle se fit attendre vingt ans !

Quand, il y a une dizaine d'années, fatigué par tant de travaux, M. de Fontenay a quitté la cristallerie de Baccarat, pour se reposer dans son pays natal, à Autun, au milieu de sa famille, il n'y a point de témoignages de respect et d'attachement qui ne lui aient été donnés par la population tout entière, au milieu de laquelle il avait vécu pendant de longues années, en faisant le bien sous toutes ses formes.

Ses vertus privées étaient grandes : bon, affable, plein d'urbanité il ne faisait jamais parade de ses travaux et de ses découvertes. Toujours préoccupé de l'amélioration du sort des ouvriers et des travailleurs de toutes classes, il était d'un accès facile pour tout le monde et plus encore pour les pauvres et pour les ouvriers, auxquels sa bourse était toujours généreusement ouverte. Il était admirablement secondé dans cette tâche, par madame de Fontenay, et par ses enfants : les pauvres de Baccarat et d'Autun en savent quelque chose.

Aujourd'hui, la mort est venue enlever M. de Fontenay à l'affection de sa famille et à celle de ses nombreux amis. Il nous servira d'exemple et son souvenir restera vivant et ineffaçable parmi nous.

NOTICE

SUR

LÉON-JEAN-BAPTISTE FÈVRE

PAR M. G. LOUSTAU

FÈVRE (Léon-Jean-Baptiste), Élève de l'École centrale des Arts et Manufactures, promotion 1841, décédé à Soisy-sous-Montmorency (Seine-et-Oise), le 6 mars 1884.

La Société des Ingénieurs civils, fondée en 1848 par un groupe d'anciens Élèves de l'École centrale, et l'Association amicale des anciens Élèves de la même École formée en 1862 ont perdu récemment un de leurs membres les plus estimés, qui en faisait partie depuis l'origine et qui laisse de profonds regrets dans le cœur de tous ceux qui l'ont connu.

Léon-Jean-Baptiste Fèvre, sorti de l'École centrale en 1841, Camarade de promotion d'Alquié, d'Arson, de Darcel, de Henri Mathieu, de Rhoné, d'Alphonse Salvetat, etc., est mort le 6 mars 1884 à Soisy-sous-Montmorency ! Il y a lieu de rendre hommage à sa mémoire en retraçant en quelques lignes les phases diverses d'une longue et honorable carrière.

Léon Fèvre naquit le 30 décembre 1819, à Auxerre, où son père venait d'être envoyé comme ingénieur en chef des ponts et chaussées du département de l'Yonne.

Après avoir achevé au collège Saint-Louis, à Paris, ses études commencées à Auxerre, il entra en 1838 à l'École centrale, et en sortit dans un très bon rang, en 1841, avec le diplôme de mécanicien.

Pendant quelque temps, il fut incertain sur la voie qu'il devait suivre; les études de pure théorie l'attiraient, et son caractère le portait moins vers des fonctions actives; cependant, M. Jullien l'appela dans ses bureaux du chemin de fer d'Orléans, où il resta quelque temps, avant de passer, en 1846, au service de la Compagnie du chemin de fer du

Nord, qui le chargea de surveiller la construction des locomotives exécutées pour elle en Alsace, dans les ateliers de Mulhouse et de Graffenstaden.

Après avoir accompli cette mission, il reprit à Paris ses études sur la mécanique, et eut alors des relations très suivies avec son ancien professeur, M. Bellanger. Mais il rentra bientôt au chemin de fer du Nord, où l'on avait su apprécier son mérite, et après un séjour de quelques mois à Tourcoing, il fut attaché à la division du matériel comme chef du bureau des études, à la Chapelle, où il ne tarda pas à conquérir l'estime et l'amitié de ses chefs et collaborateurs, tous d'ailleurs, comme lui, anciens Élèves de l'École centrale, et membres de la Société des Ingénieurs civils (Petiet, Nozo, Chobrzynski, Bricogne, Loustau); il conserva cette position de 1848 à 1854. C'est dans ces fonctions qu'il s'occupa, sous la direction de M. Clapeyron, ingénieur-conseil de la compagnie du Nord, de l'étude, au point de vue théorique, de la solution des divers problèmes que faisait naître la construction du matériel roulant. Les procès-verbaux des réunions périodiques d'ingénieurs, qui avaient lieu tous les quinze jours au chemin de fer du Nord, étaient rédigés par L. Fèvre, et on les citait à cette époque comme une véritable encyclopédie sur le matériel des chemins de fer (il y a lieu de mentionner que ces conférences de quinzaine ont encore lieu aujourd'hui comme autrefois).

En 1854, Léon Fèvre fut un des secrétaires de la Société des Ingénieurs civils, avec son camarade d'école et ami, Henri Mathieu; il resta secrétaire pendant plusieurs années.

A cette époque de 1854, il quitta la compagnie du Nord pour entrer au chemin de fer d'Orléans, où il fut appelé par notre camarade Forquenot, qui l'avait distingué au Nord et le fit nommer, auprès de lui, sous-ingénieur du matériel, pendant que Polonceau était régisseur de la traction.

C'est là que M. Bazaine, ingénieur en chef du Bourbonnais, vint le chercher pour le nommer ingénieur du matériel de ce réseau, chargé d'en diriger l'étude et la construction; M. Bazaine qui était alors professeur du cours de chemin de fer à l'École des ponts et chaussées, fit réunir en un album, pour ses élèves, les types les plus perfectionnés de locomotives et de wagons étudiés et exécutés sous la direction de Léon Fèvre.

En 1858, lors du partage du Bourbonnais entre la compagnie de

Paris-Lyon-Méditerrannée et la compagnie d'Orléans, il fut question de nommer Léon Fèvre directeur des ateliers de Nîmes; il refusa cette compensation qu'on lui offrait, pour des raisons de santé et de famille, et devint alors représentant à Paris de la maison Kœchlin, de Mulhouse.

Il fut ensuite pendant quelque temps, ingénieur des établissements Gouin, et en cette qualité, en 1869, il prit une part active à l'établissement du chemin de fer système Fell, pour la traversée du mont Cenis, pendant la période du percement et de la construction du grand tunnel de Modane à Bardonnèche. Il coopéra aussi à l'installation dans la Seine du siphon du pont de l'Alma. En 1870, lors de la création du chemin de fer de l'Hérault, il fut nommé ingénieur-conseil du matériel de cette ligne, où il resta jusqu'en 1877.

Vers cette époque, l'état de sa santé le contraignit à renoncer complètement à tout service actif avant l'âge ordinaire de la retraite, et à une époque de la vie où il aurait pu, longtemps encore, apporter dans les affaires et dans les travaux d'ingénieur un concours précieux par la sûreté de son jugement, par sa conscience dans l'accomplissement du devoir et par une inflexible probité.

Léon Fèvre, ingénieur instruit, praticien expérimenté, aurait certainement marqué dans la carrière d'une manière exceptionnelle, sans les obstacles que sa constitution délicate apportait, non seulement aux travaux continus de la vie active, mais encore aux études plus calmes du cabinet; entraîné par ses goûts et ses facultés, il abordait résolument et avec succès les problèmes les plus variés et les plus difficiles que le travail incessant de l'esprit humain faisait éclore dans toutes les branches de la science ! Les notes qu'il a laissées prouvent qu'il rencontrait les solutions, mais que son œuvre restait involontairement inachevée par suite d'interruptions fréquentes dans son travail occasionnées par le mauvais état de sa santé; et il voyait produire par d'autres travailleurs ces solutions qu'il avait non seulement entrevues, mais pour ainsi dire atteintes !

Quoi qu'il en soit, sa vie d'ingénieur a été bien remplie, et l'on peut, sans hésitation, le ranger parmi les plus méritants ; j'en appelle à cet égard à tous ceux qui l'ont connu.

Ils savent aussi combien il était bon, affable, obligeant, affectueux, en même temps que simple et modeste ! Aussi, sont-ils nombreux les amis qui associent leurs regrets à ceux de sa famille, de sa femme, qui

l'a courageusement soutenu dans les épreuves de la vie, de sa fille dont il préparait avec bonheur le prochain mariage avec un ingénieur distingué des chemins de fer de l'Est, de son frère, Henri Fèvre, architecte, le plus jeune et le dernier survivant de six frères, qui ont tous occupé des positions distinguées dans les carrières qu'ils avaient embrassées.

Que les témoignages de notre sympathie bien sincère apportent quelque soulagement à la douleur de ceux que notre ami vient de quitter.

Nota. — Les éléments de cette notice ont été donnés par MM. Henri Fèvre, Henri Mathieu et Gustave Loustau.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Traction par câbles pour tramways. — Rupture d'un câble de mines. — Élévateurs à grains aux États-Unis. — La construction maritime sur la Clyde. — Les chaudières marines en acier. — Explosions de chaudières en Angleterre.

Traction par câble pour tramways. — M. Aug. W. Wright a fait récemment à la *Western Society of Engineers*, de Chicago, une communication sur les tramways à traction par câbles dont voici le résumé :

L'auteur rappelle que les tramways sont d'origine américaine et que le premier a été établi en 1832 entre New-York et Harlem. Aujourd'hui, on en trouve dans presque toutes les parties du monde. Aux États-Unis et au Canada, on comptait, à la fin de 1882, 415 lignes de tramways employant environ 18,000 voitures et plus de 100,000 chevaux. Cette cavalerie consomme par an 150,000 tonnes de foin et 11 millions de boisseaux de grains. Le nombre de voyageurs transportés annuellement dépasse 1,200,000,000, et le capital d'établissement 750 millions de francs. Ces chiffres donnent une idée de l'importance de l'industrie des tramways, et il n'est pas étonnant que, depuis des années, les inventeurs se soient acharnés sur les divers systèmes de traction ayant pour but de remplacer les animaux, savoir : la vapeur, l'air comprimé, l'électricité, les machines à gaz, les ressorts en acier, les câbles sans fin, etc.

L'air comprimé, appliqué par M. Mékarski aux tramways de Nantes, a donné de bons résultats; mais il n'a pas réussi sur le *North Chicago City Railway*. On ne saurait dire que l'électricité soit sortie de la période d'expérimentation. Comme moteur à gaz, on peut citer le système Pole. Cette machine pèse 1,800 kilog.; elle comprend deux cylindres munis de pistons et de distributeurs, les pistons agissant sur des espèces de jambes terminées par un pied qui s'appuie contre une bordure en pierre disposée entre les rails, de sorte qu'à chaque explosion la machine avance de $0^{m},90$ environ, cet avancement pouvant d'ailleurs être varié par le conducteur. Les pieds sont garnis en caoutchouc, de manière à posséder une élasticité suffisante. Cet appareil a été décrit dans le *Railroad Gazette* en 1883. L'auteur américain dit qu'un système analogue, mais avec la vapeur pour force motrice, a été patenté en Angleterre en 1824, par un nommé David Gordon. On pourrait ajouter que la machine proposée par Brunton en 1813 était fondée sur un principe analogue, et que MM. Fortin Hermann avaient exposé

en 1878 à Paris des modèles de locomotives à patins qui fonctionnaient avec de l'air comprimé.

Les ateliers de Baldwin ont construit des locomotives à vapeur pour tramways. Mais on peut poser en principe que les moteurs dont le fonctionnement est fondé sur l'adhérence sur les rails de tramways sont dans des conditions défavorables. On est obligé de leur donner un poids très considérable, parce que, les rails étant toujours gras, l'adhérence sur laquelle on peut compter n'est probablement pas supérieure au quart de ce qu'elle serait sur un rail de chemin de fer, et ce poids agit d'une manière nuisible pour la conservation des voies. C'est en cela qu'est l'avantage de la traction par câble.

On sait qu'en 1829, les directeurs du chemin de fer de Liverpool à Manchester consultèrent trois ingénieurs des plus éminents de l'époque, Rastrick, Walker et Stephenson sur le choix du moteur à employer sur leur ligne. Rastrick et Walker furent d'avis qu'au multiple point de vue de l'*économie*, de la *vitesse*, de la *sécurité* et de la *commodité*, le système des machines fixes méritait la préférence. Il s'agissait bien de machines fixes et de câbles, mais ce ne fut que plus tard, à la suite de perfectionnements considérables, que ce système fut appliqué aux tramways.

Parmi les nombreuses patentes prises pour cet objet aux États-Unis, on peut citer celle du général Beauregard, de A.-C. Beach et de A.-S. Halliday, de San-Francisco; c'est à ce dernier qu'est dû le succès des tramways à câble inaugurés en 1873 sur la ligne de Clay Street Hill, à San-Francisco, et appliqués ensuite sur d'autres lignes de la même ville et sur celle de la *Chicago City Railroad Company*.

L'auteur décrit ensuite un système de câble sans fin pour tramway, patenté par Charles W. Rasmussen et qui a été acquis par la *United States Cable Railway Company*, de Chicago; ce système présente, d'après lui, des avantages sérieux. Nous allons en indiquer le principe, ce qui est tout ce que nous pouvons faire en l'absence de figures.

Entre les rails se trouve un canal métallique présentant, comme à l'ordinaire, une rainure pour la mise en relation du véhicule et du câble; ce canal a $0^{m},20$ de largeur et la rainure 15 millimètres, mais il présente cette particularité d'avoir à la partie inférieure deux saillies parallèles en forme de rail sur lesquelles roulent des galets de $0^{m},125$ de diamètre, fixés par paire, au câble, tous les 5 mètres. De cette manière, le câble, au lieu d'être supporté sur des galets fixes, porte des chariots à galets roulant sur des rails. Cette disposition permet de fixer au câble des balais qui nettoient parfaitement le canal de la boue, de la poussière ou de la neige qui peuvent s'y introduire par la fente supérieure. De place en place sont disposées, en contre-bas du canal, des chambres où peuvent tomber ces matières, lesquelles sont enlevées par un récipient mobile formant le fond.

On conçoit que l'arrangement se prête plus facilement au passage dans les courbes que les galets fixes. La liaison du câble avec les cars est très ingénieuse. Sous les voitures, et aux deux extrémités de celles-ci, sont dis-

posées, dans l'axe, deux roues sur lesquelles passe une chaîne sans fin portant des saillies ou dents allongées, pouvant pénétrer par la fente du canal de manière à être rencontrées par les chariots à galets fixés de distance en distance au câble. Un embrayage rend à volonté ces roues solidaires de leur axe ou indépendantes. Dans ce dernier cas, le mouvement du câble fait mouvoir la chaîne sans fin et les roues sans déplacement du car, mais si les roues sont fixées à leur axe, le car se trouve entraîné par le mouvement de translation du câble avec la même vitesse que celui-ci. Toute la manœuvre se borne à celle d'un embrayage à friction qu'on peut serrer plus ou moins fort et graduellement.

Les avantages invoqués pour ce système qui semble très ingénieux, sont :

1° Le bon marché d'établissement. En effet, la voie du *Chicago City Railroad* a coûté, d'après les rapports officiels, 325,000 fr. par kilomètre de voie simple, tandis que le prix du *North Chicago City Railroad*, monté dans le système qui nous occupe, ne ressort qu'à 136,000 francs par kilomètre, dont 37,000 pour le câble. Le canal pèse en tout 172 tonnes à 275 francs la tonne ; il y a 440 chariots à galets à 7 fr. 50 chaque et 16 chambres de dépôt à 50 francs.

2° L'économie d'entretien et de service. Les pinces du système Halliday sont très compliquées et très délicates ; elles ne coûtent pas moins de 750 francs par voiture et se dérangent facilement. Si le conducteur manœuvre sans attention, il peut couper le câble et causer des dégâts très importants, surtout par le chômage qui en résulte pour le remplacement du câble. Il faut donc des hommes spéciaux et on est exposé à des grèves. Enfin, les pinces qui se trouvent dans le tube étant plus larges que la rainure, on ne peut placer les voitures sur la voie ou les en faire sortir qu'à certains endroits déterminés, ce qui est gênant, surtout en cas d'accident. Le système Rasmusen ne présente pas ces inconvénients. Les pièces sont simples, peu coûteuses, peuvent se disposer très rapidement sur toutes les voitures de tramways et ne sont pas exposées à se déranger. La manœuvre de l'embrayage n'exige pas plus de précaution que celle d'un frein quelconque et peut être confiée au premier venu. Les voitures peuvent être mises sur la voie ou sorties sans la moindre difficulté. Enfin, comme lors des arrêts, il n'y a pas de frottement entre les pinces et le câble, celui-ci a une bien plus grande durée que dans le système précédent.

M. Wright termine par quelques renseignements sur le prix de la traction animale sur les tramways de New-York, d'après les rapports adressés par les diverses Compagnies à l'ingénieur de l'État, pour l'exercice clôturé au 30 septembre 1882. Voici quelques-uns de ces chiffres :

DÉSIGNATION DES COMPAGNIES	6me Avenue	8me Avenue	3me Avenue
Nombre de chevaux	1252	1150	1931
Valeur des chevaux	360.000f	202.000f	250.000f
Ferrage des chevaux	93.000	90.000	128.000
Réparation des harnais	33.000	24.800	25.700
Nourriture des chevaux	706.500	691.000	1.188.000
Dépenses pour les écuries	416.000	270.000	23.000
Taxes d'eau	2.000	2.780	»
Dépenses totales d'exploitation	3.010.000	2.475.000	4.395.000

Le rapport indique que le coût moyen de l'entretien d'un cheval, est de 1,065 francs par an, et que la dépense des chevaux représente les 46 centièmes des dépenses totales d'exploitation. La traction par câble donne une économie considérable, et telle a été la conclusion d'une commission chargée d'étudier les moteurs pour tramways en octobre 1883, pour le compte de la *Street Railroad Association*. Ce système (le câble), bien qu'encore dans l'enfance, dit le rapport, est la vraie voie pour la solution du problème du remplacement de la traction animale; c'est le seul qui paraisse permettre d'y arriver pratiquement.

Rupture d'un câble de mines. — Le *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* rapporte un cas de rupture de câble de mines qui présente des particularités intéressantes.

Le 21 décembre 1882, un câble de mines se rompait à la houillère du duc d'Hardenberg, en Westphalie, alors que la cage remontait à la surface 25 hommes qui furent tous tués.

Le câble était en fil d'acier fondu et avait été fabriqué à l'usine de C.-L. Neufeld, à Dortmund; il était composé de sept torons contenant chacun une âme de trois fils d'acier au creuset recuit de 1,25 millimètre de diamètre. Immédiatement autour de cette âme étaient enroulés sept fils d'acier fondu au creuset de 2,2 millimètres et autour douze fils de la même matière et de 2,4 millimètres de diamètre. Ces sept torons étaient enroulés autour d'une âme formée elle-même de six torons composés chacun de six fils de fer recuit de 2 millimètres de diamètre enroulés sur une âme en chanvre goudronné.

D'après les règlements de police sur les mines, la résistance du fil d'acier fondu au creuset est limitée à 114,6 kilog. par millimètre carré, celle du fil d'acier recuit à 80 et celle du fil de fer recuit à 45; d'après ces données, on peut estimer la résistance du câble dont il s'agit à 71,240 kilog.

D'après les essais faits dans les ateliers sur les fils qui composaient le câble, celui-ci pouvait supporter 80 tonnes.

Après la catastrophe, les fonctionnaires du contrôle des mines prirent

5 mètres de câble avoisinant le point de rupture pour faire un essai, et 6 mètres du même câble furent éprouvés à la houillère; ces essais firent reconnaître que la résistance avait diminué de 18,25 pour 100, après onze mois et demi de service.

La charge supportée par le câble en travail peut s'estimer comme suit:

Cage à deux étages pour 4 berlines	2,200	kilog.
4 berlines vides à 3,000 kilog.	1,200	
Charbon	2,000	
426 mètres de câble à 6.5 kilog.	2,770	
TOTAL	8,170	

Le câble pouvait supporter un effort égal à l'origine à près de 10 fois la charge et d'après les essais faits après l'accident, à 7 1/2 à 8 fois.

D'après les règlements de police, lorsqu'on monte des hommes dans les cages, leur poids ne doit pas dépasser la moitié de la charge du charbon; dans le cas dont il s'agit, ce poids aurait dû être au plus de $\frac{1200+2000}{2}=1600^k$ soit, en tenant compte des portes qu'on met aux cages lorsqu'on monte les ouvriers, 1,400 kilog., ce qui représente 20 hommes. Il y en avait 25 au moment de l'accident; mais cette infraction aux règlements n'a pu exercer aucune influence sur la rupture du câble.

L'examen du câble a fait reconnaître que cinq des sept torons étaient cassés sensiblement dans le même plan et que l'aspect de la cassure de chaque fil étant semblable à celle que l'on obtient avec une machine à essayer les métaux. Les deux autres torons étaient cassés à 150 et 250 millimètres plus loin. Cette observation semble indiquer que la rupture a eu lieu brusquement. On n'a constaté sur les guides des cages aucune marque indiquant qu'il y aurait eu un serrage de la cage et, comme on a retrouvé la graisse intacte sur les guides, on peut conclure que la cage est tombée dans le puits sans aucune résistance.

Le câble s'est rompu à $1^m,50$ au-dessus de l'attache et pendant les onze mois et demi qu'il avait été en service, cette attache avait été refaite quatre fois. Les appareils de sûreté disposés sur la cage n'ont pas fonctionné lors de la rupture, par suite d'un dérangement produit, selon toute probabilité, par l'instantanéité de la rupture.

On peut expliquer cette rupture par les circonstances suivantes : le mécanicien aura, par inattention, laissé arriver la cage à la surface à toute vitesse, à peu près 13 mètres par seconde, et craignant de dépasser le niveau, il aura serré son frein assez brusquement pour arrêter net la machine ou, tout au moins, la ralentir assez pour que la cage entraînée par la vitesse acquise ait continué son mouvement en donnant du mou au câble, puis, l'inertie épuisée, la cage est retombée sur le câble en produisant un choc qui a déterminé la rupture. On peut, à l'appui de cette explication, invoquer le témoignage de l'homme préposé à l'accrochage, qui n'a fait que voir les chaînes de la cage apparaître et disparaître.

Les élévateurs à grain aux États-Unis. — M. J. Bouloin, ingénieur de la marine belge, a donné, dans les *Annales de l'Association des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand*, une monographie très intéressante des services de la *Red Star Line*, Compagnie qui fait le service transatlantique entre Anvers, d'une part, et New-York et Philadelphie, de l'autre. Cette étude comprend l'examen de diverses questions se rattachant au sujet principal, entre autres celles des élévateurs à grain, à l'occasion desquels nous trouvons ce qui suit :

Les quantités énormes de céréales, qui sont produites dans les régions du centre des États-Unis, se dirigent surtout vers les ports de l'Atlantique; une partie gagne la région des lacs, où elle est transportée par chemins de fer ou par bateau, puis expédiée dans les ports, surtout ceux de New-York, de Philadelphie et de Baltimore.

L'exploitation des grandes cultures permet l'emploi des machines si favorables à la production économique; mais il y a avantage aussi à centraliser le magasinage et l'expédition; aussi les vastes entrepôts connus sous le nom d'élévateurs sont depuis longtemps d'un usage général aux États-Unis; on peut dire qu'ils sont pour le commerce des grains un auxiliaire indispensable.

Tous les grains reçus dans les élévateurs sont inspectés et classés par catégories, et le propriétaire ou le détenteur de la marchandise reçoit un certificat constatant la quantité de grain entreposé et la quantité versée. Cette inspection se fait sous les auspices des chambres de commerce, qui nomment un certain nombre d'inspecteurs; ces agents sont assermentés et versent un cautionnement; des échantillons de toutes les catégories de grains reconnues se trouvent déposés au secrétariat de la Bourse du commerce; sur la place de Philadelphie, le froment comporte jusqu'à dix espèces différentes.

Il est prélevé pour l'inspection à Philadelphie une taxe de 1 franc par wagon pour le grain reçu par chemin de fer, et de 7 centimes par dix hectolitres, quand le grain est reçu par allèges.

Lorque le grain est délivré par l'élévateur, il peut être inspecté si l'acheteur le désire; il est alors prélevé une taxe de 3 1/2 centimes par dix hectolitres délivrés.

Il est perçu pour l'emmagasinage un droit calculé par les compagnies ou les propriétaires des élévateurs. Voici quel était, en 1881, le tarif des élévateurs de Girard-Point et de Washington-street, à Philadelphie :

Recette, pesage et emmagasinage, le grain étant amené par wagons, y compris dix jours d'emmagasinage et la délivrance au navire.	17 1/2	cent.	par hectolitre.
Idem quand le grain est amené par allèges ou navires.	30	»	»
Pour chaque période subséquente de dix jours	5	»	»

Nettoyage	3	»	»
Pesage et transfert d'un silo à un autre. . .	17	1/2	»
Pour peser et délivrer en sacs	9	»	»

Les tarifs des autres établissements de même genre sont à peu près analogues.

Les élévateurs destinés aux expéditions maritimes sont en général établis sur un *pier* qui s'avance en rivière; ils sont bâtis sur une plate-forme en charpente qui repose sur pilotis, à un niveau tel qu'elle se trouve un peu en dessous des basses eaux; sur le ponton s'élève un mur d'encuvement, arrasé au niveau des voies ferrées; des piles en maçonnerie ayant une assiette suffisante reposent également sur la plate-forme et sont rangées par files longitudinales et transversales; ces piles sont destinées à soutenir les poteaux en bois qui portent les silos ainsi que toute la construction. Les voies pénètrent longitudinalement entre ces rangées de poteaux, elles sont ordinairement au nombre de quatre; des puisards sont réservés entre les voies, de sorte qu'il s'en trouve deux rangées; ils sont établis à un niveau plus bas que les rails et sont de forme conique, afin qu'on puisse y déverser le contenu des wagons; ils sont revêtus de tôle à l'intérieur, afin d'empêcher toute trace d'humidité. C'est au fond de ces puisards que plongent les courroies en caouchouc munis de godets en fer-blanc qui élèvent le grain d'un seul jet jusqu'au sommet de la construction.

Les soutes ou silos (*bins*) dans lesquelles le grain doit être versé, s'élèvent sur les poteaux dont il a été parlé; elles ont leur fond dans un même plan, situé en tout cas assez haut pour que les wagons puissent circuler par dessous; en outre il y a sur le pourtour des silos spéciaux affectés au chargement des navires; comme les tuyaux de vidange doivent alors avoir une pente suffisante pour que le grain puisse s'en écouler naturellement, les fonds sont établis plus haut. Les soutes intérieures servent pour l'emmagasinage simple et pour la réexpédition sur wagons; pour les vider, il suffit de manœuvrer une vanne qui ferme le fond en entonnoir; lorsque le grain de ces soutes doit être mis à bord d'un navire, on les vide dans le puisard des machines élévatoires qui le déversent alors dans une soute affectée au chargement des navires (*shipping bins*).

Dans l'élévateur de Girard-Point, incendié en 1881, les silos étaient en tôle; ils avaient une section circulaire, cette forme, favorable à la résistance, fait perdre de la place; le plus souvent les silos ont leurs parois en bois de sapin de 4 à 5 centim. d'épaisseur, les soutes sont alors de forme carrée ou rectangulaires et sont contiguës, il est réservé des cheminées pour le passage des courroies élévatoires et des tuyaux de prise de vapeur des machines motrices qui sont établies au sommet.

En général le grain doit être pesé avant l'emmagasinage; souvent il doit subir un nettoyage, c'est pourquoi il n'est pas versé directement aux soutes par les courroies à godets; il tombe d'abord à l'appareil nettoyeur, puis il est élevé une seconde fois pour regagner cette chute et passe

dans les balances; les réservoirs pour le pesage sont établis au-dessus des silos et forment un étage spécial (*weighting floor*); ils sont en fer, de forme circulaire ou carrée et peuvent contenir jusqu'à 15 tonnes de grain; ils reposent sur les couteaux des bascules; après le pesage, le grain s'écoule par une vanne de fond et tombe dans l'entonnoir qui surmonte un conduit que l'on peut orienter à volonté, de manière à le mettre en rapport avec telle soute que l'on veut; tous les conduits sont en bois, de section carrée et ils sont soigneusement numérotés, de manière à éviter tout mélange de grains qui auraient des qualités différentes; ce système de tuyau tournant employé dans l'élévateur de Port-Richmond supprime le *shifting conveyor* en usage dans les établissements plus anciens.

Le *shifting conveyor* consiste en une courroie sans fin, animée d'un mouvement de translation continu; cette courroie a $0^m,75$ de largeur et est supportée par des galets en bois distants de $1^m,50$ environ sous le brin chargé; elle se meut avec la vitesse de 3 mètres par seconde, le grain y tombe à sa sortie de la bascule et y forme une traînée continue; on peut ainsi transborder le grain dans telle soute que l'on veut.

Quant aux machines motrices qui donnent le mouvement aux courroies élévatoires, au transbordeur, etc., elles sont établies à l'étage des bascules, les arbres commandant les poulies motrices par l'intermédiaire d'embrayages à friction; l'établissement de ces machines doit faire l'objet de soins spéciaux, car toute la construction en bois qui les porte et qui a de 25 à 30 mètres de hauteur est sujette à des tassements considérables; aussi a-t-on grand soin de faire reposer les machines sur trois points seulement, et les transmissions disposées de manière qu'on puisse facilement corriger les déviations lorsqu'elles se produisent.

Les chaudières qui fournissent la vapeur sont installées dans une construction distincte de l'élévateur; on préfère augmenter la longueur des conduites et diminuer les dangers d'incendie.

A l'extérieur, toute la construction est garnie jusqu'à une certaine hauteur au-dessus du sol de tôles ondulées; toute la partie supérieure est revêtue en ardoises; de cette façon, les parois extérieures des silos qui sont sur le pourtour sont préservées de l'humidité.

Le système américain d'élévateurs existe aussi à Liverpool, mais les établissements les plus importants y sont conçus d'après un autre plan; le grain est étendu sur une faible épaisseur aux divers étages; il y est élevé par une série de bennes de grande capacité, se mouvant dans des puits verticaux également espacés; les transports horizontaux, qui sont ici très considérables, se font par courroies; toutes les machines motrices (monte-sacs, etc) sont mues par l'eau sous pression venant d'un accumulateur central.

Il y a également dans les ports américains des élévateurs flottants, qui sont des engins de chargement permettant de prendre le grain dans des allèges venant de l'intérieur, qui ont des dimensions comparables aux bateaux qui circulent sur nos canaux à grande section.

Cette opération est accompagnée d'un nettoyage par un tarare monté dans l'élévateur lui-même. Les appareils de l'espèce sont la propriété d'entrepreneurs privés qui les louent à un taux déterminé; il s'en trouve un grand nombre dans le port de New-York; ils consistent en un bateau plat, assez large, portant une charpente fixe, élevée de 14 à 16 mètres au-dessus du pont; cette charpente est bordée à l'extérieur de manière à constituer un abri pour les mécanismes, les engins de nettoyage, etc.; elle porte, aux trois-quarts de sa hauteur à peu près, deux bras jumeaux soutenus par un palan à telle inclinaison que l'on veut et qui reçoivent à leur extrémité une grande poulie sur laquelle passe une courroie en gutta-percha; cette courroie, munie de godets en fer-blanc, se meut dans une gaine en tôle légère mais rigide, qui porte à son pied la poulie de renvoi. L'appareil peut être réglé en hauteur par le palan, il est maintenu dans le sens horizontal par un arc-boutant. La poulie inférieure plonge dans la cale des allèges que l'on amène en dessous de la chaîne, un mouvement de rotation est ensuite imprimé à la poulie supérieure qui est motrice, le grain est amené au pied de l'appareil par deux hommes en manœuvrant des pelles, il est enlevé par la courroie et de là retombe par un plan incliné à l'appareil nettoyeur. Le grain est ensuite élevé une seconde fois par une courroie à godet analogue à la première, puis il est versé à l'écoutille par un tuyau cylindrique de 20 cent. de diamètre, incliné à 45 degrés environ, car il ne s'écoule pas sous une pente moindre; c'est pour cette raison que ces constructions sont assez élevées; comme elles sont également assez lourdes dans le haut, il arrive fréquemment qu'elles chavirent par les mauvais temps. La force motrice pour le mouvement des chaînes à godets et des appareils de nettoyage est fournie par une machine à vapeur logée dans la charpente elle-même.

Les allèges à grain ont en général 2^m,50 de creux au milieu et portent 2,870 hectolitres (8,000 bushels); elles peuvent être déchargées en une heure par un élévateur flottant. Le personnel employé à ce travail est fort restreint.

A Anvers, pour faire l'opération inverse, c'est-à-dire pour transborder le grain du navire dans les allèges qui accostent le long du bord, 34 manœuvres sont nécessaires pour chaque écoutille, savoir :

A fond de cale.	10	hommes.
Au treuil et pour vider.	6	—
Pour mesurer, emplir les sacs et les vider dans les gouttières.	18	—
Total.	34	hommes.

Dans une journée de 10 heures, ils déchargent 3,600 hectolitres, soit seulement 360 hectolitres à l'heure.

Lorsque le grain doit être déchargé sur wagons à une distance de 200 m. environ de l'écoutille, 44 manœuvres sont employés pour le transbordement, savoir :

En cale.	10	hommes.
Au treuil et aux paniers	6	—
Pour mesurer et emplir.	8	—
Porteurs	20	—
Total.	44	hommes.

Ils déchargent à l'heure 270 hectolitres.

On voit par cette comparaison combien les élévateurs flottants sont supérieurs au point de vue de la rapidité des opérations; il est vrai de dire que les circonstances sont plus défavorables pour le déchargement, car la cale des navires étant beaucoup plus profonde que celle des allèges, il est nécessaire, pour pouvoir employer une courroie à godets, de la suspendre à des hauteurs très variables, ce qui complique la construction des appareils; c'est là ce qui en rend l'application difficile pour les déchargements.

La construction maritime sur la Clyde. On entend souvent dire que les navires à vitesse et puissance extraordinaires que les compagnies anglaises ont mis en service depuis peu ne sauraient être considérés que comme des exceptions, des navires-réclames, *crack-boats* ou *champion-boats*, qui ne sauraient donner aucune idée exacte du matériel normal de ces lignes. Cette manière de voir peut être très rassurante, mais il est douteux qu'elle soit rigoureusement exacte, si on considère que, dans l'année 1883, il n'a pas été construit sur la Clyde moins de 20 machines marines, développant chacune au moins 4,000 chevaux indiqués. Pour se représenter ce qu'est une machine d'au moins 4,000 chevaux indiqués, il suffit de rappeler que la Compagnie Générale Transatlantique ne possède encore en service qu'un seul navire de ce genre, la *Normandie*, dont les machines donnent 6,000 chevaux en nombre rond. Les plus puissants de ses autres paquebots actuels ne développent guère plus de 3,500 chevaux [1].

Les 20 machines dont nous parlons représentent une force collective de 125,000 chevaux indiqués en nombre rond, ce qui fait une moyenne de 6,250 chevaux pour chacune.

Nous donnons dans le tableau ci-après les noms des navires, des lignes ou services, des constructeurs et la puissance indiquée des machines.

Pour les dimensions plus modérées, on compte 25 navires ou machines, dont les puissances sont comprises entre 2,000 et 4,000 chevaux. Ces deux premières catégories comprennent, à elles deux, à peu près la moitié de la force des navires ou machines construites en 1883 sur la Clyde, laquelle s'élève en tout à 320,000 chevaux; la maison John Elder et Cie, entre à elle seule dans ce chiffre pour un sixième.

1. Nous disons *actuels* parce que la Compagnie Transatlantique vient de commander, comme on sait, quatre grands paquebots dont les machines doivent développer 8,000 chevaux.

CONSTRUCTEURS	NAVIRES	LIGNES OU SERVICES	PUISSANCES indiquées
John Elder et Cie..	*Oregon*	Guion line	12.000
»	*Umbria*	Cunard line	12.000
»	*Etruria*	»	12.000
»	*Francesco Morosini*	Cuirassé italien	10 000
»	*Eider*	North German Lloyd	6.000
»	*Ems*	»	6.000
»	*Prinz van Orange*	Paquebot à roues	4.600
»	*Norham Castle*	Castle line	4.000
»	*Hawarden Castle*	»	4.000
Napier et fils......	*Phaeton*	Marine royale anglaise	5.000
»	*Tamaulipas*	Cie transatlant. Mexicaine	5.000
»	*Oaxaca*	»	5.000
»	*Sirio*	Raggio et Cie à Gênes	4.400
»	*Orione*	»	4.400
»	*Perseo*	»	4.400
J. et G. Thomson..	*America*	National line	8.500
»	*City of Chicago*	Inman line	4.500
Caird	*Valetta*	Cie Peninsul. et Orientale	5.000
Denny et Cie.. ...	*Cataluna*	Cia Transatlantica de	4.000
»	*Ciudad de Santander*	Barcelone	4.000
		TOTAL.............	124.800

Les chaudières marines en acier. — L'emploi de l'acier pour les chaudières marines se développe de plus en plus, surtout en présence de la tendance à l'accroissement des pressions de la vapeur. On peut dire que, tout au moins d'après ce qui se passe sur la Clyde, les chaudières en fer sont en train de devenir une *chose du passé.* Une des causes qui ont le plus contribué au développement de l'emploi de l'acier est l'extrême facilité avec laquelle on peut obtenir à peu de distance des ateliers de construction de la Clyde des tôles d'acier de la meilleure qualité pour chaudières. Non seulement, ces tôles sont excellentes, mais encore on peut les obtenir de toute grandeur, pesant deux, trois et même quatre tonnes, ce qui donne de grandes facilités pour la construction, en réduisant le nombre des coutures.

Un autre fait intéressant est l'usage de plus en plus répandu des foyers ondulés de Fox, soit en fer, soit en acier doux. Plus de vingt ateliers de construction de la Clyde les emploient. MM. Elder et Cie s'en sont servi dans toutes les machines marines qu'ils ont construites l'année dernière et dont nous avons donné la liste des plus puissantes dans l'article précédent. MM. Napier les ont employés dans toutes leurs machines, à l'exception de celles du *Phaéton*. De même pour MM. J. et G. Thomson et autres. En somme, l'année dernière, 65 navires construits sur la Clyde ont eu leurs chaudières munies de foyers ondulés de Fox, ces chaudières représentant une puissance totale de 175,000 chevaux indiqués.

Si on considère que les foyers ondulés de Fox faisaient leur apparition

lors de l'Exposition universelle de 1878 à Paris, on doit admettre que ce genre de fôyers doit avoir une réelle valeur pour avoir atteint un développement aussi considérable en si peu de temps.

Explosions de chaudières en Angleterre. — Le rapport présenté à l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur de Manchester, fait connaître qu'il y a eu, en 1883, dans le rayon de cette Association, 42 explosions de chaudières, lesquelles ont causé la mort de 31 personnes et des blessures à 49. Les causes qui ont produit ces explosions sont de la nature ordinaire. 16, qui ont fait 7 victimes, proviennent de mauvais état combiné dans un cas avec surchauffe et dans un autre avec vice de construction; 9 explosions, qui ont entraîné la mort de 10 personnes, ont été causées par manque d'eau; 7, avec 4 morts, viennent de vice de construction, joint, dans un cas, avec un excès de pression; 4 sont dues à une surchauffe, par suite d'incrustations; 3, avec 1 mort, viennent d'excès de pression coïncidant, dans deux cas, avec un mauvais état de la chaudière. Dans les trois autres explosions, il a été impossible d'obtenir des renseignements suffisants pour se faire une opinion positive sur les causes de l'accident.

En dehors des explosions de chaudières proprement dites, il y a eu 9 explosions de récipients divers dans des teintures, papeteries et fabriques de produits chimiques, lesquelles ont entraîné la mort de 9 personnes.

Les pressions les plus élevées dans ces divers cas d'explosions de chaudières étaient de 9 kilog. 25, et 8,5 et les plus basses de 0 kilog. 7, 1,1 et 1,75 au-dessus de la pression atmosphérique.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

JANVIER 1884.

Notice sur les **dispositions typiques arrêtées par décisions ministérielles pour le réseau des chemins de fer de la Corse** par M. Delestrac, inspecteur général des ponts et chaussées en retraite.

RAPPORT présenté au comité de l'exploitation technique des chemins de fer, **au nom de la sous-commission du matériel des chemins de fer de la Corse**, par MM. SARTIAUX et BANDERALI.

Ce rapport a paru dans les *Annales des Mines*, 3e livraison de 1883 (voir comptes rendus de décembre 1883, page 744).

Note sur le **compensateur Dujour, pour assurer la manœuvre des signaux à grande distance**, en cas de rupture du fil de la transmission, par M. SCHLEMMER, inspecteur général des ponts et chaussées.

FÉVRIER 1884.

Note sur les **procédés de fondation par havage**, appliqués à la construction du troisième bassin à flot, à Rochefort, par M. CRAHAY DE FRANCHIMONT, ingénieur des ponts et chaussées.

Le système adopté pour les murs de quais du troisième bassin du port de commerce de Rochefort, établi sur l'emplacement d'une prairie marécageuse, consiste en voutes en plein cintre de 9m20 d'ouverture reposant sur des piles de 8 mètres sur 5; quelques-unes de ces piles ont de plus grandes dimensions pour former culées et contreforts.

Ces piles sont fondées par puits coulés par havage dans un terrain généralement inconsistant, surmontant le terrain solide.

Il n'y a pas moins de 142 puits; quelques-uns ont été faits uniquement à l'air libre; d'autres ont nécessité ou nécessiteront l'emploi de l'air comprimé.

Dans le havage à l'air libre, on pratique dans le sol naturel une fouille longitudinale à talus inclinés, au fond de laquelle sont alignés les puits à construire dont les premières assises sont élevées sur le terrain même, jusqu'à 3 mètres de hauteur. La maçonnerie est faite en moellons bruts avec mortier de ciment de Portland au dosage de 350 kilog. de ciment pour un mètre cube de sable. Une fois la maçonnerie séchée pendant une quinzaine de jours, on fait descendre les puits en enlevant la terre à l'intérieur, au moyen de bennes élevées par des treuils, et en épuisant l'eau avec des pulsomètres ou des pompes. La vapeur nécessaire à ces opérations est amenée par des tuyaux flexibles d'une chaudière placée à proximité[1].

Il arrive des cas où l'épuisement ne peut s'effectuer, ou bien, où il y a des rentrées de vase trop abondantes, et alors on est obligé de recourir à l'air comprimé; dans ce cas, on ménage, dans la partie inférieure du puits, une chambre de travail voûtée, avec une cheminée d'accès. Avec la précaution de rejointoyer au ciment les parois de la chambre de travail, on peut obtenir une atmosphère et demie de pression.

1. Les membres de la Société qui ont été au Havre l'année dernière, lors de la visite de la *Normandie*, ont pu voir fonctionner ce système de fondation sur les chantiers du neuvième bassin en construction.

Le prix d'entreprise est de 12 fr. 46 par mètre cube de déblai, mesurés sur le volume du puits, tout compris.

Quelques-uns de ces puits descendent jusqu'à 24 mètres pour trouver le terrain solide.

Note sur l'**application de la méthode graphique** aux mouvements des terres, par M. Strohl, ingénieur des ponts et chaussées.

Il s'agit ici de l'application des méthodes graphiques indiquées par M. Lalanne et par M. Calmann, avec addition d'un procédé pour la représentation des surfaces de transport des emprunts et des dépôts sur la même épure qui sert à construire ces surfaces pour les déblais de la voie employés en remblai et par un procédé de calcul de ces surfaces.

Rapport de la commission chargée d'étudier les **moyens de prévenir les collisions de trains, occasionnées par la rencontre de plusieurs voies**; M. Vicaire, ingénieur en chef des mines, rapporteur.

La Commission propose les conclusions suivantes :

1° Dans toute gare où l'importance des manœuvres est suffisante pour motiver l'emploi d'agents affectés exclusivement et d'une manière permanente au service des aiguilles, on devra garantir les trains en marche, d'une part contre les fausses directions, d'autre part contre l'arrivée intempestive des véhicules provenant des voies latérales, au moyen d'enclenchements établis d'après les bases exposées dans le présent rapport et établissant la solidarité convenable entre les aiguilles, signaux et autres appareils des diverses voies, soit principales, soit accessoires.

2° On devra, dans tous les cas, protéger les voies principales par des enclenchements à leur jonction avec les voies donnant accès à des remises ou dépôts de plus de quatre machines; il en sera de même aux points où sont établis des garages en pleine voie.

3° Toutefois, l'emploi de contrepoids fixes ou à cheville cadenassée ou de dispositions équivalentes donnant normalement aux aiguilles la direction convenable pour assurer la sécurité de la circulation, pourra, dans certains cas, dispenser de les enclencher.

4° Dans les gares où il n'y a pas lieu, d'après ce qui précède, d'appliquer les enclenchements, toute aiguille formant jonction d'une voie principale et d'une voie accessoire doit être pourvue d'un contrepoids fixe ou à cheville cadenassée, ou d'une disposition équivalente assurant la continuité de la voie principale, dans les deux cas suivants :

a. Lorsqu'elle est prise en pointe par les trains;

b. Lorsque la voie accessoire rencontre quelque part une autre voie principale.

5° Il y a lieu d'appeler l'attention des Compagnies sur l'utilité de pro-

téger les voies principales par des voies de sécurité toutes les fois que la disposition des lieux le permet, et, à défaut de ces voies, par des taquets ou blocs d'arrêt enclenchés.

6° Les dispositions qui précèdent sont applicables sur les lignes à voie unique; toutefois, pour les aiguilles de dédoublement des voies principales, l'enclenchement pourra être remplacé par l'emploi d'un contrepoids fixe ou à cheville cadenassée, ou d'une disposition équivalente, donnant normalement la direction convenable.

7° Les croisements à niveau de deux lignes en pleine voie, devront être protégés par l'enclenchement des signaux des deux lignes, au même titre que les bifurcations.

Ces conclusions, adoptées par le comité de l'exploitation technique des chemins de fer, ont été approuvées par M. le Ministre des travaux publics et rendues obligatoires par une circulaire du 6 août 1883.

Expérience sur le **débit des puits** en terrains sablonneux aquifères, par M. Thévenet, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Ces expériences ont été faites en 1879, à l'occasion de l'étude d'une distribution d'eau potable alimentée par un bassin filtrant souterrain, exécutée depuis pour la ville de Saïgon.

On a employé une caisse remplie de sable imbibé d'eau par un réservoir supérieur et représentant le terrain : le sable était extrait de sondages pratiqués dans le sol du bassin projeté. On enfonçait dans ce terrain aquifère artificiel des manchons de zinc ouverts à leurs extrémités représentant les puits. L'eau était extraite de l'intérieur par un siphon en verre dont on réglait à volonté l'écoulement.

Ces expériences firent constater que le débit était proportionnel à la circonférence des puits, et on fut amené à essayer des cylindres en zinc avec un fond ne laissant qu'un passage annulaire dans le bas, pour le passage de l'eau. On obtient, avec cette disposition, un débit notablement supérieur à celui que donnaient les cylindres sans fond.

Les résultats obtenus se formulent comme suit :

1° Les débits pour un même puits sont proportionnels à la charge.

2° Les débits pour la même charge sont proportionnels aux diamètres des puits.

3° Toutes choses égales d'ailleurs, le débit du puits à diaphragme est supérieur à celui du puits ouvert.

Ce dernier résultat qui, d'ailleurs, ne doit pas être absolument pris au pied de la lettre, doit tenir à ce que le diaphragme du fond empêche ou atténue notablement la montée du sable dans le puits, sous l'influence de l'aspiration, et fait disparaître la principale cause perturbatrice du débit des puits ouverts.

Note sur un procédé de **détermination expéditive des surfaces, emprises et talus des profils de terrassements**, par M. Switkowski, ancien élève externe de l'École des ponts et chaussées.

Note sur l'**expropriation des marais de Fos**, par M. Tarbé de Saint-Hardouin, inspecteur général des ponts et chaussées en retraite.

Cette note, qui ne contient que quelques lignes, est une réponse à une note de M. Salles, insérée dans les Annales d'octobre 1883, sur la même question.

Bulletin des **accidents arrivés dans l'emploi des appareils à vapeur** pendant l'année 1882.

ANNALES DES MINES

5e livraison de 1883.

Rapport présenté au Comité de l'exploitation technique des chemins de fer, au nom de la Commission chargée d'étudier les **moyens de prévenir les collisions de trains occasionnées par la rencontre de plusieurs voies**. (Voir ci-dessus, page 523.)

Analyse des rapports officiels **sur les accidents de grisou** survenus en France pendant l'année 1881, dressée par M. Chesneau, ingénieur des mines.

Les 16 explosions de grisou de 1881 ont fait 56 victimes, dont 23 tués et 33 blessés. On peut grouper ces accidents, comme suit, par rapport aux circonstances dans lesquelles ils se sont produits.

		Accidents.	Tués.	Blessés.
Tirage à la poudre...	Allumage des coups de mine . .	4	9	6
	Explosions des coups de mine .	5	4	20
Défaut d'aérage local	Emploi des lampes à feu nu . .	5	4	3
	Emploi des lampes de sûreté. .	2	6	4
	Totaux	16	23	33

On voit ainsi que plus de la moitié des accidents (9 sur 16) sont dus à l'omission ou à l'insuffisance des précautions lors du tirage à la poudre; ce sont ceux qui ont fait le plus de victimes (39 sur 56, dont 13 tués et 23 blessés). Sur les 7 accidents dus au défaut d'aérage local, deux seulement sont attribués à l'imprudence des victimes.

Sur 10,000 ouvriers employés à l'intérieur des mines de houille, il y a eu, en 1881, 3 tués et 39 blessés par suite d'explosions de grisou. L'importance relative des explosions de grisou, sur l'ensemble des victimes à l'intérieur des mines de houille en 1881 est la suivante :

Tués	14	pour 100.
Blessés	2.5	
Ensemble. . . .	4.8	

Note sur l'**explosion d'un bouilleur** dans une scierie à bois à Vierzon. Extrait du rapport de M. de Grossouvre, ingénieur des mines.

Il s'agit ici d'un bouilleur réchauffeur latéral d'une chaudière. Il s'est rompu en trois fragments, dont le premier comprenait le bouchon en fonte et une faible partie de la première virole, le second une partie de la première virole et le dernier le reste de la première virole, la seconde virole et la calotte du fond postérieur. Il n'y a pas eu d'accidents de personnes.

L'aspect des débris a fait voir que le métal était aigre et cassant, et n'a pu dès lors résister à des efforts incessants de contraction et de dilatation. Des essais faits sur les tôles ont indiqué un allongement très faible.

Note sur l'**explosion d'une chaudière verticale** aux forges de Marnaval (Haute-Marne). Extrait du rapport de M. Trautmann, ingénieur en chef des mines.

Cette explosion, survenue le 31 mars 1883 à une chaudière verticale chauffée par les flammes perdues de fours à puddler, a causé la mort de de 28 personnes et des blessures à 63 autres.

Le rapport attribue l'explosion à trois causes principales : altération de la tôle à l'endroit où la flamme des fours venait frapper la chaudière : augmentation d'épaisseur et point faible déterminé par l'addition d'une pièce rapportée à l'extérieur, et incrustation assez épaisse dans cette partie. Il s'est produit une déchirure initiale au point faible, déchirure qui s'est prolongée et a amené l'ouverture complète de la chaudière.

On doit, d'après l'avis de la Commission centrale des machines à vapeur, conseiller, pour éviter ces causes d'explosion, les précautions suivantes :

Protection des parties des chaudières situées en face du rampant, par l'établissement d'un revêtement en maçonnerie réfractaire éloigné de 8 à 10 centimètres au moins de la surface des tôles.

Des réparations, convenablement exécutées et bien surveillées, en évitant de procéder par petites pièces rapportées.

Rapport sur l'**explosion d'un cuvier à lessive** dans une blanchisserie à Paris, par M. Luuyt, ingénieur en chef des mines.

Cette explosion est due à ce que le récipient communiquant à l'air libre

par le tuyau ascensionnel de la lessive, s'est trouvé accidentellement soumis à une pression considérable, par suite de l'obstruction de ce tuyau par un tampon de fibres végétales, lequel provenait de la désaggrégation par la lessive bouillante du bois d'un châssis. On évitera le retour d'accidents de ce genre en supprimant le bois dans ces appareils et en plaçant sur le récipient une soupape de sûreté à faible charge.

Recherches expérimentales et théoriques sur la **combustion des mélanges gazeux explosibles**, par MM. Mallard et Le Chatelier, ingénieurs des mines.

Ce travail, très considérable, comprend deux mémoires distincts : le premier, sur les températures d'inflammation des mélanges gazeux. Les auteurs arrivent, dans cette première partie, aux conclusions suivantes :

La température d'inflammation peut être fixée à

555°	pour le mélange tonnant	d'H et d'O
655°	—	de CO et d'O
650°	—	de grisou et d'O.

L'addition au gaz tonnant d'un volume même considérable de gaz inertes modifie peu ou point la température d'inflammation.

Cependant, avec les mélanges d'oxyde de carbone et d'oxygène, l'addition d'une quantité notable d'acide carbonique paraît élever cette température d'une manière notable, un volume d'acide carbonique ajouté à un volume de mélange tonnant porte la température d'inflammation de 655 à 700 degrés.

Pour les mélanges dans lesquels l'hydrogène et l'oxyde de carbone sont les éléments comburants, la combustion se produit dès que le mélange atteint la température d'inflammation.

Il en est tout autrement pour le formène, qu'il est permis d'assimiler au grisou. Les mélanges formés par ce gaz avec l'air ou l'oxygène ne brûlent qu'après avoir été portés pendant un certain temps (qui peut atteindre une dizaine de secondes) à une température égale ou supérieure à celle d'inflammation. Le retard à l'inflammation est d'autant plus considérable que l'excès de la température du gaz sur celle d'inflammation est moins grand et que la proportion de gaz inertes mélangés au gaz tonnant est plus grande.

Cette dernière particularité explique pourquoi, conformément aux expériences de Davy, une barre de fer rouge, bien qu'à une température supérieure à 650 degrés, n'enflamme pas un mélange explosif de grisou. Dans les conditions ordinaires, en effet, le gaz, circulant librement autour du fer chaud, ne reste pas exposé assez longtemps à la température de celui-ci pour pouvoir s'enflammer. En s'opposant à cette circulation du gaz, on provoque aisément la combustion du mélange gazeux.

La seconde partie du travail de MM. Mallard et Le Chatelier est relative à la vitesse de propagation de la flamme dans les mélanges gazeux.

Les expériences de ces ingénieurs démontrent d'abord que l'inflammation

dans les mélanges gazeux combustibles peut se propager suivant deux modes principaux, l'un qui est le mode normal, par *conductibilité*, l'autre. qui se fait par la transmission d'une pression suffisamment élevée, est la propagation par *onde explosive*, découverte par MM. Berthelot et Vieille.

Ces deux modes de propagation correspondent à la *déflagration* et à l'*explosion* des substances explosives solides ou liquides.

La vitesse de propagation par conductibilité n'est jamais très grande; elle a été reconnue de 4^m,30 au maximum, pour des mélanges d'hydrogène et d'air, de 0^m,62 seulement pour les mélanges d'air et de grisou, de 1^m,25 pour les mélanges d'air et de gaz d'éclairage, et enfin de 2 mètres pour ceux d'oxygène et d'oxyde de carbone.

La vitesse de propagation augmente avec la température et avec l'agitation dans le mélange.

La progression de la flamme dans un tube donne lieu, au bout d'un certain temps, d'autant plus court que le mélange est plus rapide, à un mouvement vibratoire de cette flamme; dans ce mouvement vibratoire, l'éclat de la flamme est toujours plus grand dans la période de vibration en avant que dans la période de vibration en arrière. Il peut même arriver, lorsque l'amplitude est grande, que la flamme s'éteigne devant cette dernière période.

Lorsque, par une cause quelconque, mouvement vibratoire, dilatation des gaz brûlés, etc., la pression transmise par une tranche gazeuse à la tranche contiguë est égale à celle qui élève le gaz à la température d'inflammation, la combustion se propage avec la même vitèsse que l'onde comprimée. On a alors l'*onde explosive*.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 11. — 15 MARS 1884.

Installation de la machine d'extraction du puits n° 1 de la Société des des houillères de Bockwa-Hohndorf, à Lichtenstein, par B. Otto.

Proportions normales des écrous et têtes de vis et boulons.

Pont sur le Danube et la Borcea, à Cernavoda.

Mines. — Industrie du pétrole en Roumanie. — Abatage du charbon sans poudre.

Groupe de Francfort. — Microphonie et transmission téléphonique de la musique.

Groupe de la Lenne. — Matrices en acier. — Utilisation des combustibles.

Groupe du Rhin inférieur. — Propriétés du fer-blanc et extraction de l'étain de ses rognures.

Patentes.

Bibliographie. — Méthodes d'analyse chimique pour la grande industrie ; stations d'expériences et laboratoires commerciaux, par le Dr Bockmann.

Livres reçus.

Correspondance. — Chauffage au bois.

N° 12. — 22 MARS 1884.

Machine d'extraction du puits n° 1, de la Société des houillères de Bochwa-Hohndorf, par B. Otto (suite).

Transmission électrique de la force, par A. Béringer.

Chauffage et ventilation. — Transmission de chaleur par les tuyaux. Poêle à gaz de Gower. Bâtiments de la nouvelle clinique de l'Université de Bonn. Chauffage de l'Eden-Théâtre.

Mines. — Nouvel explosif. Gisements de minerais de fer du Northamptonshire.

Formules de résistance des corps prismatiques à la traction et à la compression.

Groupe de Hanovre. — Emploi des manomètres à ressort pour la mesure des pressions élevées.

Groupe de la Pfalz-Saarbruck. — Expansion dans les machines à vapeur et intervention des masses en mouvement. Distribution par tiroirs à pistons. Emploi de l'acier dans les machines-outils.

Patentes.

Bibliographie. — Aide-mémoire du chimiste et du métallurgiste.

Variétés. — Reproductions, par la lumière, avec traits noirs sur fond blanc. Exposition internationale pour la petite industrie à Vienne, en 1884. Accidents d'appareils à vapeur, en France, en 1882. Tunnel entre Liverpool et Bickenhead. Chaudières à vapeur en Hollande.

N° 13. — 29 MARS 1884.

Machine d'extraction du puits n° 1, de la Société des houillères de Bockwa-Hohndorf, par B. Otto (suite).

Transmission électrique de la force, par A. Béringer.

Ponts. — Viaduc sur le val Saint-Léger. Ponts et viaducs de la Grande-Ceinture de Paris. Notes de voyage sur les ponts en Norwège. Pont en arc de la gare de Luneburg. Pont sur l'East-River.

Séparation des cendres des gaz des hauts fourneaux.

Groupe de Carlsruhe. — Les fouilles à Olympia.

Groupe de Saxe. — Le canal de l'Elster à la Saale. Expériences sur la résistance à la torsion des fils métalliques. Explosion d'un volant.

Patentes.

Bibliographie. — Ouvrages reçus.

Variétés. — Transmissions par courroies pour laminoirs à grande vitesse. — École centrale de Paris. — Éclairage électrique des navires. — Chemin de fer métropolitain de Berlin.

N° 14. — 5 AVRIL 1884.

Transmission électrique pour grandes forces et grandes distances, par le Dr W. Dietrich.

Machine d'extraction de la Société des houillères de Bockwa-Hohndorf, par B. Otto (fin).

Indicateur électrique de niveau d'eau, de Czeija.

Fours à coke, système Semet.

Groupe de Cologne. — La machine à vapeur de l'avenir.

Groupe de la Ruhr. — Fouilles à Olympia.

Patentes.

Bibliographie. — Chemin de fer métropolitain de Berlin.

Correspondance. Construction des wagons de chemins de fer. Méthode pour l'étude graphique du fonctionnement des machines à vapeur à détente en cylindres successifs.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. MALLET.

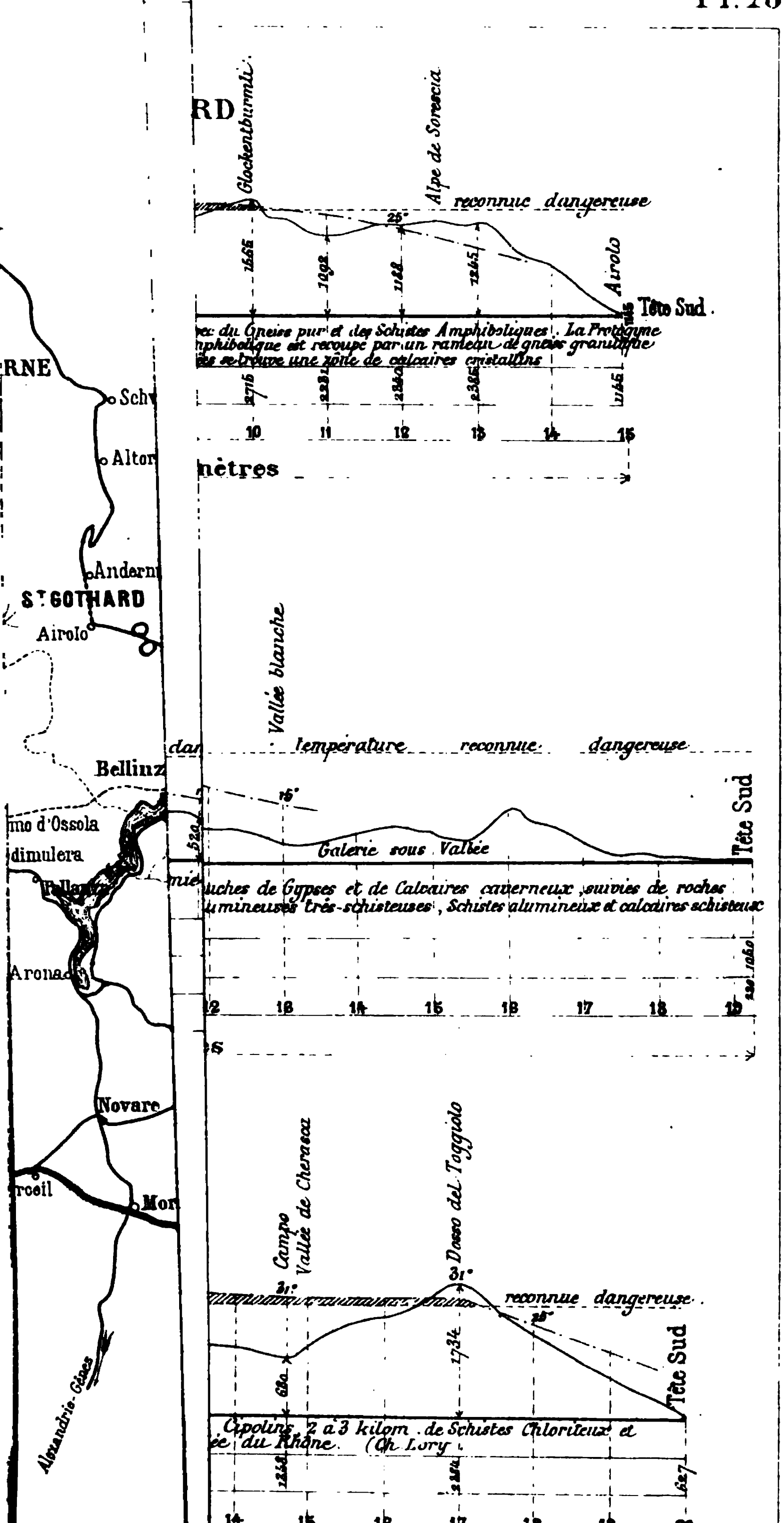
ERRATA.

MÉMOIRE DE M. DE VAUTHELERET SUR LA TRAVERSÉE DES ALPES.

Page 437, à la 28e ligne, voir Pl. 75.
Page 439, à la 18e ligne, lire M. *Renevrier* au lieu de *Stenevrier*.
Page 440, à la 27e ligne, voir Pl. 76.
Page 441, à la 21e ligne, voir Pl. 75.
Page 445, à la 8e ligne, voir Pl. 74.
Page 451, à la 37e ligne, lire *Gènes* au lieu de *Genève*.
Page 452, à la 16e ligne, lire *Gênes* au lieu de *Genève*.
Page 455, à la 31e ligne, après la station d'Aoste, voir Pl. 76.
Page 456, à la 36e ligne, lire *Bagnes* au lieu de *Bagues*.

Paris. — Imp. E. Capiomont et V. Renault, rue des Poitevins, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

Tunnel du Col
ongueur 9.485m
Puits de 230m
Puits de 220m
Pont de 20m
000 4385 1000
TÊTE NORD
9485m
Tunnel de Pautet (280m)
Tunnel de Vence (150m)
Station de Bovernier
Tunnel d'Ecotteaux (465m)
Station de Martigny
incipaux
SEMBRANCHER
BOVERNIER
MARTIGNY
Stations
15820m
7900m
7670m
SU
on (Niveau de la m
moyennes
0.0006
0.0212
0.0161
1616 1616
632 632
471 471
80 20 130 138k670
Courbes
500 500 500 400 400 400 400 400 400 400 400 400 400 400 400
urs Civils.



RD
Glockentburmli
Alpe de Sorescia
reconnue dangereuse
25°
Airolo
Tête Sud.
10
11
12
13
14
15
nètres
RNE
Airolo
St GOTHARD
Bellinz
Arona
Novare
rceil
Alexandrie-Gênes
Vallée blanche
température reconnue dangereuse
15°
Tête Sud
Galerie sous Vallée
uches de Gypses et de Calcaires caverneux, suivies de roches
lumineuses très-schisteuses, Schistes alumineux et calcaires schisteux
13
14
15
16
17
18
19
Campo
Vallée de Cherasca
Dosso del Toggiolo
31°
reconnue dangereuse.
25°
Tête Sud
1734
Cipolins 2 à 3 kilom. de Schistes Chloriteux et
du Rhône. (Ch. Lory).
14
15
16
17
18.
19
20

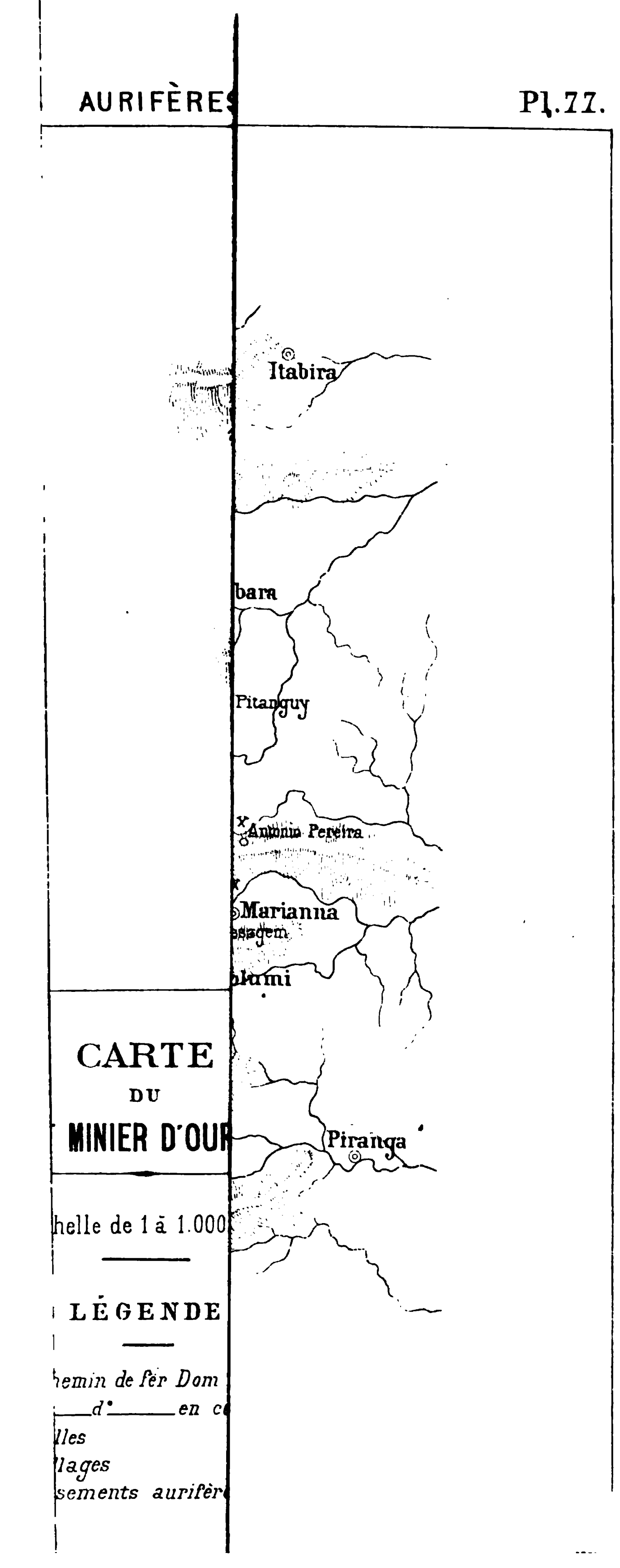
TRAVERSÉE

Brê
AM
Cologne
Ma
uxembourg
SON
Nancy
rasbourg
Epinal
Bâle
Soul
sançon
Lucerne
Berne
Lausanne
Martigny
Aoste
Ivrée
TURIN
Asti
Cunéo
COL DE TENDE
Nice
RRANÉE
Bouche

ST^{on} DE LIDDES
Liddes
omeire
sières
a Proz
Ville d'Issert
Arlac
Praz
Glacier de Serre
Gl. d'Orny
Gl. du Trient
A^{lle} du Tour

nard
Mt Faillet
St Christophe
ST^{on} D'AOSTE
AOSTE
Fellina
Charvensod
Doire R.
Gressan
Favret
Pont d'Aviso
Jovencan
Clut
Sarre
ST^{on} DE St PIERRE
St Pierre
Villeneuve
Sariot
ST^{on} D'ARVIER
Arvier
St Nicolas
Doire R.
Jovencan
Les Uttes
Runaz
Vedun
Champs
la Villetta
Charvaz
Chalancin
Derby
Villair
Morge
La Salle
ST^{on} DE LA SALLE
Chanton
le Villair
Morgex
Mt Carmel
Palusieux
S. Charles
Pré St Didier
Courmayeur
Dollone
GARE INTERNATIONALE
DE COURMAYEUR

rue de Dunkerque. Pari


Itabira
bara
Pitanguy
Antonio Pereira
Marianna
ssagem
plumi
CARTE
DU
MINIER D'OUR
helle de 1 à 1.000
LÉGENDE
hemin de fer Dom
d° en c
lles
lages
sements aurifèr
Piranga

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MAI 1884

N° 5

Pendant le mois de mai, la Société a traité les questions suivantes :

1° *Machines du paquebot « la Normandie, »* par M. Quéruel (séance du 2 mai, pages 535 et 573).

2° *Emploi de l'acier dans les constructions navales, civiles et mécaniques* (discussion du Mémoire de M. Périssé sur l') (séances des 2 et 16 mai, pages 536 et 552).

3° *Académie des sciences.* Prix de mécanique (fondation Montyon décerné à M. Léon Francq ; prix Penaud, décerné à M. Duroy de Bruignac (séance du 16 mai, page 549).

4° *Tunnel sous la Manche,* observations de M. Fleury (séance du 16 mai, page 549).

Pendant le mois de mai, la Société a reçu :

De M. Fleury, J., membre de la Société, un exemplaire d'une note sur l'*Élargissement du canal de Suez ;*

De M. Faivre, membre de la Société, une note sur un *Perfectionnement aux voies ferrées ;*

De M. Benoît René, membre de la Société, un exemplaire de son mémoire sur les *Travaux du bureau international des poids et mesures ;*

De M. Jagnaux, Raoul, membre de la Société, un exemplaire de son *Traité pratique d'analyses chimiques et d'essais industriels ;*

De M. Anatole de Caligny, correspondant de l'Institut de France (Académie des Sciences), un exemplaire de ses deux volumes intitulés : *Recherches théoriques et expérimentales sur les oscillations de l'eau et les machines hydrauliques à colonnes liquides oscillantes.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM. Bouhon, présenté par MM. Carimantrand, Rolin et Seyrig.
Lambert, — Carimantrand, Marché et Vaillant.

Comme Membre Associé :

M. Merlot, présenté par MM. Chaillaut, Duclos et Lévi.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1884

Séance du 2 Mai 1884.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS MARTIN.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 4 avril est adopté.

M. QUÉRUEL donne communication de son mémoire sur les machines du paquebot *la Normandie*.

M. QUÉRUEL rappelle le très intéressant voyage au Havre, qu'ont fait, l'année dernière, un certain nombre de membres de la Société; voyage provoqué par l'invitation courtoise de la Compagnie générale transatlantique, pour la visite du plus puissant paquebot de sa flotte : *la Normandie*.

Dans la pensée de M. Quéruel, il ne lui semblait pas convenable de laisser sans réponse les communications faites par les ingénieurs de la Compagnie sur ce paquebot, et c'est dans un but d'étude théorique qu'il a l'intention de traiter le fonctionnement interne des machines de la *Normandie*.

Tout d'abord, il présente ses remerciements à la Compagnie et à son ingénieur en chef, M. Audenet, notre collègue, pour les diagrammes qui lui ont été délivrés.

Après avoir rappelé l'état des machines marines, il y a trente ans, et l'avoir comparé avec celui qui existe actuellement, M. Quéruel constate de grands progrès. Puis il donne quelques explications sur sa méthode d'analyse du diagramme; et il fait ressortir l'utilité des tables de correction de la loi de Mariotte.

Les machines de la *Normandie* sont au nombre de trois. Elles actionnent, sur une même ligne, l'arbre de l'hélice. Le type est celui connu sous le nom de *pilon;* le système de fonctionnement est de Woolf, et la structure générale est très résistante. Le petit cylindre est superposé sur le grand; disposition qui a ses avantages, mais aussi ses inconvénients.

Le fonctionnement est représenté par une paire de diagrammes moyens; un pour le petit cylindre, l'autre pour le grand. Dans le cours de l'analyse, M. Quéruel fait remarquer que la canalisation de transvasement d'un cylindre à l'autre est d'un volume considérable et, qu'à cet inconvénient, vient s'ajouter celui des parois non chemisées de vapeur, surfaces de refroidissement qui font avec la capacité une chute de pression intempestive et nuisible au rendement. L'expansion totale de la vapeur est 4 volumes 50 centièmes; il devrait être 8 volumes 10 centièmes. La puissance 5,579 chevaux indiqués. Le rendement 0,68 centièmes. La vitesse du paquebot 15 milles 75 centièmes par heure.

Le mémoire donnera cette analyse *in extenso.*

Si l'on compare ce fonctionnement avec celui des machines les plus récentes, on aurait, pour un même poids de vapeur (41,758 kilos par heure), 10,022 chevaux indiqués. La vitesse deviendrait 19 milles 14 centièmes. Ce qui ferait gagner une journée et demie sur la traversée du Havre à New-York.

En concluant, M. Quéruel fait remarquer l'intérêt considérable qui s'attache à ces questions de fonctionnement. Elles peuvent se traduire, soit en réduction de subventions si l'on conserve les vitesses actuelles, et alors en économie budgétaire; soit en accélération de vitesse, dont les compagnies tireraient profit, le taux des subventions demeurant le même. A ces deux points de vue la question mérite d'être étudiée et il serait imprudent d'attendre que les services maritimes concurrents nous aient devancés dans cette voie.

M. le Président remercie M. Quéruel de sa communication, qui sera imprimée *in extenso* dans le Bulletin, et ouvre la discussion sur le mémoire de M. Périssé, relatif à l'*emploi de l'acier dans les constructions navales, civiles et mécaniques*, et sur celui de M. Canovetti sur le *remplacement du fer par l'acier.*

M. Canovetti. Messieurs, je n'ai que quelques observations à faire, ou mieux de simples remarques à signaler et à vous présenter, sur le mémoire de M. Périssé. Comme tout le monde a pu en juger, ce travail est très important et a sa place toute marquée dans la bibliothèque de l'ingénieur.

Il est dit, à un endroit du mémoire, et je cite les paroles de l'auteur :

« Lorsqu'on la soumet (la barrette d'épreuve) à des efforts successifs de traction devant amener la rupture, il se produit d'abord un allongement proportionnel élastique qui est relativement très faible et très peu différent

pour les diverses qualités d'acier; ensuite, un allongement permanent bien accentué se manifeste pour se localiser bientôt en un point qui s'allonge bien davantage, en présentant une section très réduite où se produit finalement la rupture. »

Ce renseignement, qui nous est donné par M. Périssé, offre un intérêt capital, et d'autres personnes pourraient maintenant apporter des chiffres et nous indiquer la charge à laquelle correspond cette limite d'élasticité. L'absence de chiffres est une lacune que d'autres pourraient remplir; des ingénieurs attachés aux compagnies de chemins de fer, par exemple, pourraient apporter et faire connaître ces chiffres.

M. Périssé dit ensuite: « La charge-limite d'élasticité s'écarte peu de la moitié de la charge de rupture, principalement pour les aciers recuits. » — C'est encore un renseignement très important et qu'il serait bon de préciser par des chiffres.

Il ajoute: « Elle est supérieure à cette moitié pour les aciers non recuits. » — Ceci se comprend, mais ce que je ne comprends pas aussi facilement, c'est que, « au contraire, elle est bien inférieure pour le métal doux trempé, » de sorte que la trempe paraîtrait augmenter la charge de rupture et diminuer la limite d'élasticité. Cela peut être possible, mais il serait important d'avoir des chiffres à l'appui.

M. Périssé dit plus loin : « La connaissance de la charge-limite d'élasticité est un point important; on ne s'en est pas suffisamment préoccupé jusqu'ici. C'est à elle et non à la charge de rupture qu'il faudrait se référer dans bien des cas, pour déterminer, par exemple, les coefficients du travail du fer et de l'acier. » C'est l'avis de tous ceux qui s'occupent de la question. Les charges d'élasticité et de rupture sont si peu définies que, bien souvent, on ne sait pas laquelle prendre, et l'on applique l'une ou l'autre. M. Tresca, ici présent, a fait, je crois, un très intéressant travail sur cette question; je suis d'avis qu'il est plus important de connaître la limite d'élasticité, que la charge de rupture, pour des métaux ayant à peu près la même résistance.

M. Périssé émet le vœu que les essais soient faits avec des machines « munies d'indicateurs et de dispositions particulières permettant à la machine de tracer elle-même la courbe des allongements par rapport aux efforts de traction » de manière que la limite d'élasticité soit bien accusée et qu'aucune erreur ne puisse se glisser dans l'expérience. J'appuie ce vœu, et ceci me paraît très important.

Il fait aussi remarquer qu'aucune épreuve de résistance au choc n'est exigée actuellement par la marine française. C'est une lacune regrettable, et pourtant je crois que les chemins de fer exigent cette épreuve. Cette clause de leurs cahiers des charges a même été une des causes de l'amélioration de l'acier.

Je regrette que M. Périssé ne nous ait pas donné de chiffres; ce n'est

pas, je le répète, une critique de son mémoire que je fais en ce moment, c'est plutôt le regret que j'exprime, que M. Périssé n'ait pas poussé assez loin son étude, pour appuyer les renseignements très importants qu'il nous donne. En parlant des avantages qu'offre l'acier, il dit que les ingénieurs et les constructeurs admettent généralement qu'on peut compter sur une économie finale de 20 pour 100 en poids, sur l'ensemble de la construction, comme résultant du remplacement du fer par l'acier. Les conclusions varient forcément avec les prix admis. J'aurais voulu également quelques indications de prix. Sur ce point je ne suis pas d'accord avec M. Périssé, parce qu'il a pris les prix de la marine, c'est-à-dire de l'État, qui paye toujours plus cher que les particuliers, tandis que, dans mon étude, je me suis servi des prix les plus réduits de l'industrie.

Un peu plus loin, ce dernier cite l'opinion de M. Knut Styffe, directeur de l'Institut technologique de Stockholm. Il dit qu'il a, le premier, fait remarquer que le coefficient d'élasticité était à peu près le même pour l'acier et pour le bon fer. Or, je n'ai jamais eu occasion d'essayer du fer ou de l'acier; mais il me paraît difficile d'admettre que le fer ait une limite d'élasticité aussi élevée que celle de l'acier. Pour les ponts de Bordeaux, exécutés par le Creusot, le chiffre indiqué comme limite d'élasticité est de 25 kilogrammes.

M. Périssé. Ce n'est pas ce que j'ai voulu dire.

M. Canovetti. Alors j'ai mal compris. Il est dit que, dans ces ouvrages, on a fait travailler le métal à 10 kilog. par millimètre carré, c'est-à-dire au cinquième de sa résistance à la rupture. La qualité de ce métal est ainsi définie : limite d'élasticité, 25 kilog.; résistance, 50 kilog.; allongement 20 pour 100 sur éprouvette de 100 millimètres, équivalant à peu près à 16 pour 100 sur éprouvette ordinaire de 200 millimètres. » — Eh bien, je voudrais savoir si ces conditions seraient imposées dans un nouveau travail, ou si on laisserait au constructeur la latitude de justifier le coefficient auquel on ferait travailler le métal à l'épreuve.

M. Périssé dit plus loin, et je cite ses propres paroles : « Il sera plus rationnel et plus exact de comparer le coefficient de travail à la charge-limite d'élasticité plutôt qu'à la charge de rupture, lorsque l'usage sera bien établi de déterminer les deux charges dans les essais à la traction. » M. Lebasteur qui était rapporteur, à l'Exposition de 1878, proposait la détermination suivante, que j'ai signalée dans ma note : classer comme acier le métal ayant une résistance supérieure à 48 kilogrammes.

Il supposait donc qu'il pouvait y avoir du fer allant jusqu'à ce chiffre. M. Evrard a donné un moyen de reconnaître l'acier du fer par l'aspect de l'attaque du métal par de l'acide azotique à 15° suivant que la vue en était nette ou terne, M. Evrard dit que l'on peut caractériser le métal. Je signale ce point : c'est plus facile que de recourir à l'essai au rouge sombre, opération qui nécessite un atelier [1].

1. Voir Chronique de février, page 252.

En somme, la conclusion de M. Périssé est la suivante : l'économie en poids est à peu près de 20 pour 100 en moyenne. C'est ce qui correspond aux coefficients de travail suivants : 10 kilog. pour l'acier, 8 kilog. pour le fer, et l'économie en argent serait de 6 pour 100; en prenant 8 kilog. pour l'acier et 6 kilog. pour le fer, l'économie atteindrait 1/3 pour 100 en poids et 1/5 en argent. Je n'ai pas assez de documents sur la limite d'élasticité pour l'acier; en supposant la limite d'élasticité égale à 24, j'ai pris pour coefficient pratique 12 kilog., c'est-à-dire qu'on peut doubler la charge sans amener la déformation. Si quelque ingénieur, M. Périssé ou un autre membre de la Société, voulait bien donner quelques renseignements à ce sujet, j'en serai très heureux.

M. Gautier. Je dois signaler que je ne partage pas complètement toutes les idées émises par M. Périssé. Vous avez vu qu'il y a une marche progressive, pour la sécurité que présente l'emploi de l'acier dans les constructions, et je voudrais appeler l'attention de la Société sur le parallélisme existant entre le développement de cette sécurité et les améliorations successives apportées dans la fabrication de l'acier.

Lorsque l'acier a commencé à se répandre, on ne savait guère fabriquer que de l'*acier dur;* on obtenait 55 à 60 kilog. de résistance, et 5 à 10 pour 100 d'allongement. Ce métal, un peu aigre, donna lieu à des mécomptes assez fréquents et de nature à en faire abandonner l'emploi. On reconnut plus tard que la *douceur* du métal, au contraire, était un élément dont il fallait tenir compte dans les applications de l'acier, et on chercha à faire de l'acier *doux.*

Il est nécessaire d'entrer ici dans la question métallurgique.

Lorsqu'on affine de la fonte au convertisseur Bessemer, il se produit de l'*oxyde de fer*, qui reste en partie dissous dans le métal, auquel il ôte toute malléabilité; il faut absolument enlever cet oxyde de fer. On a employé pour cela une fonte manganésifère appelée spiegel, et qui contient environ 10 pour 100 de manganèse. Comme il faut ajouter au bain d'acier *un pour cent* de manganèse métallique, on introduit, en même temps, *cinq à six millièmes* de carbone. L'acier ainsi obtenu est relativement dur et a donné lieu à des accidents et des ruptures qui ont fait renoncer à son emploi.

On a cherché alors à faire un acier plus doux. On a employé, en Angleterre, un procédé qui consistait à prolonger le soufflage de manière à produire un excès d'oxyde de fer. En ajoutant le spiegel, il y avait explosion, par la combustion instantanée d'une partie du carbone; on obtenait ainsi des aciers irréguliers, mais assez doux. Puis on est arrivé à condenser l'élément réducteur, le manganèse, dans le *ferro-manganèse*, qui peut contenir jusqu'à 80 pour 100 de manganèse, on a fait alors de l'acier réellement doux. Le ferro-manganèse renferme autant de carbone que le spiegel, mais comme on en met dix fois moins, la quantité de carbone introduite dans l'acier se trouve beaucoup moindre.

Il y a donc eu différentes phases dans les méthodes employées pour fabriquer l'acier. Dans la première, où l'on n'employait que des procédés primitifs, on n'obtenait que de l'acier dur. Est venu ensuite l'acier doux exigé par les besoins d'une sécurité plus grande, mais qu'on ne savait pas produire avec régularité. Puis est arrivée la troisième période, qui est celle du ferro-manganèse, et qui a vu se développer l'emploi de l'acier, à mesure qu'on réussissait à le faire *plus doux.* Maintenant nous sommes dans une quatrième période, dans laquelle on obtient un métal d'une douceur extraordinaire : c'est celle des aciers produits par la méthode *basique*. Par ce procédé spécial, on est obligé de pousser l'affinage plus loin, afin d'éliminer tout le phosphore, et on enlève en même temps beaucoup plus complètement qu'autrefois le silicium et le carbone ; on fait un acier d'une plus grande douceur.

Par les anciennes méthodes, il aurait été impossible de fabriquer des aciers ayant moins de 39 kilog. par millimètre carré comme charge de rupture à la traction, tandis que maintenant on arrive parfaitement, au besoin, à 33 et 34 kilog. avec 30 pour 100 d'allongement. M. Périssé nous cite l'opinion de M. Berrier-Fontaine, ingénieur des constructions navales, qui se plaint qu'on abaisse la charge de rupture dans les cahiers des charges de la marine française. Ainsi, pour les coques et les cornières, les tôles peuvent n'avoir que 40 kilog. de résistance à la traction, au lieu de 45 kil., mais alors l'allongement doit être de 24 pour 100 au lieu de 20. Pour les barres et les fers à planchers, les cahiers des charges de la marine admettent 38 kilogr. pour la charge de rupture au lieu de 48, et 26 pour 100 d'allongement au lieu de 22. — Je serais plus radical encore : si j'avais à faire un cahier des charges pour les fournitures à faire à la marine, je stipulerais que l'*acier ne devrait pas avoir une charge de rupture supérieure à 35 kilogrammes*, et que l'allongement ne devrait pas être inférieur à 25 ou 26 pour 100. Je serais sûr alors d'avoir de l'acier extradoux.

M. Seyrig. Pour quel usage ?

M. Gautier. Pour les coques et les chaudières, par exemple, vous me direz que c'est un métal qui ressemblerait beaucoup à du cuivre rouge. Il n'y aurait pas lieu d'en être effrayé ; est-ce qu'on ne fait pas des chaudières en cuivre pour les locomotives ? Je crois que si on avait de l'acier aussi doux que du cuivre rouge ce serait désirable. Si le cuivre de première qualité ne coûtait pas plus cher que l'acier doux actuel, ne pensez-vous pas qu'on construirait d'excellents navires avec une semblable matière ?

Quant au mode de fabrication de l'acier, M. Périssé a dit qu'on peut faire l'acier aussi bon au convertisseur Bessemer qu'au four Martin-Siemens. Je ne partage pas cette opinion ; je crois que le meilleur procédé pour les aciers doux, celui qui donne les produits les plus réguliers, c'est incontestablement le procédé Martin. Vous vous rappelez ce qui est arrivé au *Livadia*, bateau de l'empereur de Russie, et que l'on a construit en Angleterre. Les chaudières devaient être en acier et elles furent primitivement faites en acier, puis on les remplaça par des chaudières en fer. D'après les

renseignements que j'ai pris, en Angleterre, auprès des personnes compétentes, voici ce qui se serait passé : Les tôles d'acier avaient été très douces à l'essai, elles n'avaient pas une charge très élevée ; mais, lorsqu'on les a rivées, il s'est formé des fentes, et elles se brisèrent sous le marteau. Quel était donc ce curieux métal qui était à la fois doux et fragile ? Le fabricant qui devait, aux termes du cahier des charges, produire ces tôles sur sole, par le procédé Martin-Siemens, se trouva pressé par le temps. Craignant d'être en retard pour la livraison, il employa le convertisseur Bessemer pour une partie de la fourniture ; mais, voulant assurer la douceur du métal il sursouffla, dépassant le point ou le spectre s'efface ; et il n'ajouta probablement pas assez de manganèse, ou bien, l'opération n'étant pas assez chaude, celui-ci n'a pas agi. Quoi qu'il en soit, on fit des aciers très décarburés sans doute, mais rendus fragiles par la présence de l'oxyde de fer. Si on avait opéré sur sole, on n'aurait certainement pas produit un pareil acier ; les éprouvettes que l'on prend à la fin de l'opération auraient dû éclairer le fabricant.

Voilà, suivant moi, la raison pour laquelle les chaudières du *Livadia* ont dû être remplacées. Pour ma part, j'ai plus de confiance dans un produit extradoux, qui serait fait au procédé Martin-Siemens que dans un produit similaire fait au convertisseur Bessemer, où la moindre erreur dans la conduite de l'opération peut avoir une influence énorme sur la qualité.

M. Périssé a parlé des prix de l'acier, qui pourraient être abaissés à 20 francs les 100 kilogrammes rendus à Paris ; je crois que c'est très possible et que c'est dans cette voie surtout que se propagera l'emploi de l'acier ; on peut être assuré que quand l'acier sera meilleur marché que le fer, son emploi dans la construction ne se discutera plus.

M. Dallot. M. Gautier nous avait promis d'indiquer les raisons pour lesquelles il croyait utile d'employer dans les constructions l'acier extradoux ; il ne m'a pas semblé qu'il ait traité cette partie du sujet. Je lui serais reconnaissant de nous dire sur quels arguments il base son opinion.

M. Gautier. C'est parce que l'acier possède, avec une charge de rupture élevée et un allongement faible, une grande élasticité ; c'est cette *élasticité* qui est cause des accidents qui arrivent. Ainsi, par exemple, lorsqu'on travaille une pièce à chaud, s'il se produit des tensions par des refroidissements inégaux, il se forme des déchirures. Ceci ne se produit pas dans le fer, parce que celui-ci n'a pas d'élasticité et pas d'homogénéité, les molécules ont plus de mobilité. Plus l'acier sera dur, plus cet accident se produira. Plus l'acier se rapprochera du fer, plus son emploi sera sûr.

M. Dallot. L'acier rompant à 42 kilogrammes, qui s'allonge de 20 pour 100, n'est-il pas suffisant ?

M. Gautier. Je trouve qu'un acier à 35 kilogrammes sera plus sûr qu'un acier à 42 kilogrammes. Par exemple, avec le fer de Suède, dans les essais que j'ai faits, je n'ai jamais trouvé plus de 30 kilogrammes ; il n'est pour-

tant venu à l'idée de personne de trouver que le fer de Suède soit une mauvaise matière parce qu'il était trop doux.

M. Dallot. Quelle serait la limite d'élasticité de l'acier extradoux ?

M. Gautier. Cette limite ne sera jamais au-dessous de 14 kilogrammes.

M. Dallot. Le fer présente une limite d'élasticité de 14 à 15 kilogrammes ; par conséquent, l'acier ne présenterait pas plus d'avantages que le fer.

M. Gautier. Vous n'avez qu'à lire le fait rapporté dans la communication de M. Périssé, vous verrez que lorsqu'un navire en fer échoue, il se crève, tandis que s'il est en acier doux sa coque se déforme sans se crever, ce qui est dans la plupart des cas le salut du navire. Si l'acier n'a pas plus de résistance que le fer, vous pourrez cependant le faire travailler à une charge plus forte que celui-ci. Voilà l'avantage que vous aurez avec l'acier mais vous ne pourrez opérer ainsi, avec sécurité, que lorsque votre acier sera extradoux.

M. J. Morandiere demande la permission d'ajouter un complément de renseignements à ceux nombreux déjà, que M. Périssé a bien voulu emprunter à la pratique de la Compagnie de l'Ouest. Ce chemin de fer est un des premiers qui ait commencé à employer l'acier, il a toujours développé cet emploi au fur et à mesure des transformations, et des progrès qui se sont produits dans la fabrication de l'acier.

Le chemin de fer de l'Ouest n'a pas renoncé à l'usage des essieux coudés en fer, dont la fabrication s'est améliorée au fur et à mesure que l'emploi des essieux coudés en acier se répandait. Certains essieux en fer, au chemin de fer de l'Ouest, ont fait 300,000 kilomètres, et un certain nombre d'essieux en fer ont fait des parcours qui atteignent et dépassent même 400,000 kilomètres.

M. Périssé n'a pas parlé des bandages. Cependant, ils occupent une large place dans la production de l'acier, et c'est un des produits pour lesquels on recherche une grande homogénéité. En 1878, la Société a été entretenue par un de ses membres, M. Whaley, ingénieur de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, d'un appareil construit et installé aux ateliers de Sotteville pour essayer les bandages montés sur les roues, avant leur mise en service. L'emploi de cet appareil a donné des résultats très satisfaisants et il a été étendu non seulement aux autres ateliers de la Compagnie, mais encore à quelques autres qui ont demandé les dessins pour en faire construire. L'essai fait avec cet appareil montre bien le point faible. Un coup d'un marteau pesant un peu moins de 10 kilogrammes, détermine quelquefois une rupture qui, certainement, se serait produite dans le service; et presque toujours, quand on a trouvé une rupture, si on casse le reste du bandage, on remarque que les mêmes défauts se reproduisent en divers points. Pour donner un exemple de l'un de ces défauts, nous présentons un dessin à échelle agrandie dans lequel une teinte violette indique l'acier sain, qui occupe à peu près le quart de la section du bandage. Au moment de la rupture, la section entière était brillante, et presque instantanément,

les parties ombrées de noir se sont oxydées et sont devenues distinctes. Heureusement, ce spécimen est relativement exceptionnel et on dispose maintenant de bandages, d'une qualité dite extra, qui donnent toujours satisfaction et sur lesquels nous n'avons pas encore constaté de ruptures.

Un mot maintenant sur la question des chaudières, au point de vue des locomotives. Il y a, en Angleterre, une seule Compagnie de chemins de fer qui a des chaudières en acier, c'est la Compagnie du North-Western, laquelle se trouve dans des conditions exceptionnelles. Elle produit ses aciers elle-même; elle peut choisir ses lingots, elle les met au rebut s'ils ne conviennent pas, ou peut les employer à d'autres usages qu'aux tôles pour chaudières. D'après le travail de M. Périssé, il semblerait qu'on ait momentanément renoncé aux chaudières en acier. Cependant, la Compagnie de l'Ouest a commandé quelques chaudières en acier, dans le but d'obtenir une diminution de poids. Les conditions s'écartent de celles qui étaient préconisées par l'ancienne circulaire et sont au minimum : 45 kilogrammes de résistance à la rupture avec un allongement de 25 pour 100 mesuré sur une longueur de 10 centimètres. Il faut remarquer que, d'après l'emboutissage, le cintrage, le perçage et en général après tout travail, on procède au recuit de chacune des parties de la chaudière.

Le chemin de fer de l'Ouest emploie aussi beaucoup l'acier sous la forme de brancards de wagons. L'usage de ce métal permet d'obtenir de la légèreté, et au besoin de gagner de la hauteur; avec un profil de 20 centimètres de hauteur on a pu loger des ressorts très flexibles sous les voitures. Ces brancards ne sont employés que depuis 1878 et l'on ne peut encore se prononcer sur leur valeur définitive. Dans quelques cas, l'examen a décelé des fissures et les brancards démontés ont été facilement cassés. Les morceaux d'un même brancard ont donné des allongements très divers, par exemple, de 5 pour 100 dans un endroit, et de 20 pour 100 dans d'autres. Ces brancards n'étaient donc pas homogènes. La résistance à la rupture demandée est de 40 kilogrammes par centimètre carré.

M. Périssé a parlé aussi, dans un autre travail, de la différence des prix de revient de l'acier en France ou à l'étranger : — il semble qu'il faut tenir compte d'un élément qui explique une certaine partie du relèvement du prix en France, c'est la question des cahiers des charges qui imposent des conditions plus rigoureuses que celles subies par les fabricants étrangers, dont les débouchés sont moins exclusivement concentrés dans les administrations.

M. Seyrig désire présenter quelques observations au sujet de la partie du mémoire de M. Périssé qui concerne les constructions civiles et particulièrement les ponts métalliques. Bien que le tonnage total du métal employé dans ce genre de construction soit moindre que celui employé pour rails, bandages et constructions navales, il est néanmoins très important, et il est à présumer que si l'on était un peu mieux fixé sur les conditions dans lesquelles il convient d'employer l'acier dans ces constructions, son adoption deviendrait rapidement générale.

M. Périssé rappelle que le coefficient d'élasticité de l'acier est environ supérieur de un dixième à celui du fer. En effet, la plupart des vérifications connues donnent à peu de chose près $E = 22 \times 10^9$. Mais ce chiffre n'a d'importance que lorsqu'il s'agit de déformations subies par les constructions sous charge. Ce qui est au contraire beaucoup plus important, c'est la *limite d'élasticité*, au-dessous de laquelle il faut rester très largement. Une discussion qui a eu lieu devant la Société a rappelé que les ingénieurs français adoptent plus volontiers ce coefficient limite, comme point de départ dans la détermination du travail admissible, pour lequel on calcule les sections des pièces entrant dans les ouvrages.

Quelles que soient les réserves qu'il convient peut-être de faire sur cette manière de voir on peut examiner à quoi elle conduit à l'égard de l'emploi de l'acier.

Des expériences fort nombreuses, faites avec beaucoup de soin sur de longues barres en fer, par MM. Thalèn, Cronstrand et Knut Styffe, en Suède, et relatées par ce dernier, ont conduit à voir que le rapport entre le coefficient de rupture et celui de la limite d'élasticité est compris entre 1,5 et 1,8, la moyenne étant d'environ 1,7. Il résulte d'expériences analogues sur l'acier, de qualités très diverses, que ce rapport atteindrait 1,6 à 2, des aciers martelés donnant seuls des coefficients inférieurs. D'autres expériences plus récentes, faites avec le plus grand soin sur des aciers produits par la Société autrichienne du chemin de fer de l'État, donnent une valeur supérieure, variant de 2,2 à 2,6. Voyons quelles conclusions on peut tirer de là.

Le fer employé dans les constructions de ponts, jusqu'à il y a peu d'années, donnait de 30 à 32 kilog. de résistance à la rupture. Sa limite d'élasticité se serait donc trouvée aux environs de 17,5 à 18. Les chiffres souvent cités de M. Hodgkinson corroborent ce fait : il indiquait 15 kilog. comme point où commenceraient les allongements permanents, mais surtout à partir de $18^k,7$

Aujourd'hui le fer couramment exigé doit avoir 36 kilog. de résistance. Sa limite d'élasticité serait donc aux environs de 20 kilog. d'après les résultats de Knut Styffe. Ce chiffre nous paraît toutefois exagéré et il est plus vraisemblablement aux environs de 18 kilog. c'est-à-dire à la moitié du coefficient de rupture. Or, l'on admet régulièrement, sauf de rares exceptions, 6 kilog. par millimètre carré pour le travail du métal, soit un tiers de la limite d'élasticité.

Le coefficient de sécurité contre la déformation permanente est donc de 3, chiffre souvent admis dans la discussion.

Or, appliquons ces mêmes proportions à l'acier tel qu'on peut l'obtenir aujourd'hui et tel qu'on l'emploie souvent. Les qualités admises dans les travaux ont une résistance variant de 42 kilog. à 45 kilog. et à 48 kilog., comme nous le verrons un peu plus tard. Si nous appliquons à ces chiffres le diviseur 2,30, comme moyenne du rapport entre la rupture et la limite d'élasticité, tel qu'il résulte des expériences sur les aciers de la Société autri-

chienne, puis le diviseur 3 comme coefficient de sécurité, voici ce que nous obtiendrons :

Rupture.	42^k.	Limite d'élasticité.	$17^k,8$.	Coefficient admissible.	$5^k,9$
—	45^k.	—	$19^k,1$.	—	$6^k,4$
—	48^k.	—	$20^k,2$.	—	$6^k,7$

C'est-à-dire qu'avec de l'acier dont la résistance est le maximum de ce que nous considérons comme prudent, soit 48 kilog., on ne serait autorisé qu'à un travail de $6^k,7$, supérieur de $\frac{1}{10}$ à celui admis pour le fer qui résiste à 36 kilog. Ce résultat nous paraît illogique, absurde même. Si on l'admet, il n'y a pour ainsi dire plus d'économie à employer de l'acier, ni de courir les quelques risques que peut entraîner l'emploi d'une matière dont la fabrication n'est pas encore arrivée au degré de perfection voulu.

Notre conclusion n'est cependant pas celle-là, car il nous semble inutile de conserver aux constructions un coefficient total de $\frac{48}{6,6} = 7,3$. Sans témérité aucune, on peut, à notre avis, abaisser ce coefficient à 5 et faire travailler l'acier à $8^k,2$, 9 kilog. ou $9^k,6$ selon sa qualité. C'est à quoi il faut arriver; nous n'y arriverons d'ailleurs qu'à la suite de nombreux ingénieurs étrangers qui ont eu confiance et qui y persistent, et pour qui 10 kilog. de travail est un chiffre normal.

Ce à quoi conduira cette modification c'est qu'on ne prendra plus pour base la limite d'élasticité, limite toujours mal définie, presque toujours inconnue pour le métal réellement employé, et soumis aux essais pratiques de la réception. A condition qu'on se tienne suffisamment loin de cette limite, on n'aura rien à craindre pour la déformation d'un ouvrage. On basera, sur des données vraiment scientifiques et pratiques, le calcul de la résistance d'un ouvrage, en prenant pour point de départ du calcul, la résistance à la rupture de la matière qui le compose. Déjà quelques tentatives de ce genre sont faites dans les régions administratives; nous espérons qu'elles aboutiront à un résultat heureux.

Une observation fort juste faite par M. Périssé est que, si l'on accepte des coefficients de travail plus élevés pour le métal, les épaisseurs des pièces seront moindres, et par suite la difficulté de la rivure diminuera, ce qui fait que sa qualité augmentera. Ce sera un résultat des plus désirables, et qui frappe surtout quand on voit des travaux comme un certain, entre autres, absolument récent, qui comporte une épaisseur à river de 9 tôles de 15 millimètres chacune !

Le résumé fort intéressant qu'a fait M. Périssé d'après le livre de M. Jeans sur l'acier, des ponts déjà exécutés avec ce métal, mérite quelques compléments. Depuis la publication de ce livre, en effet, de très grands travaux ont été entrepris, et les opinions se sont mieux assises. Elles l'ont fait dans des sens trop divergents pour qu'il ne soit pas utile de les signaler ici.

La Hollande est entrée la première très largement dans l'emploi de l'acier pour les grands ponts. Elle l'a fait à une époque où on n'employait que de l'acier à haute résistance. Des méfiances se sont produites à un certain moment et les ingénieurs ont été conduits à faire des expériences en grand pour s'assurer des résultats de ces constructions. L'établissement Harkort en a fait sur des poutrelles rivées construites avec quatre matières différentes : de l'acier rompant sous 84 kilog. et sous 66 kilog.; du flusseisen, qu'aujourd'hui nous appellerions de l'acier doux, rompant sous 46 kilog.; et enfin avec du fer résistant à 39 kilog.

Les pièces soumises à la flexion jusqu'à rupture, ont montré que les premières perdaient par le fait du travail 41 pour 100 et 26 pour 100 de la résistance primitive, celles en flusseisen perdaient 23 pour 100, et celles en fer seulement 6 pour 100. La conclusion a été toute en défaveur de l'acier.

D'autres essais du même genre ont été faits dans une autre usine avec des poutrelles de pont, composées d'une ame de 1000 $\times$ 9, de quatre cornières de 90 $\times$ 90 $\times$ 10 et de deux semelles de 220 $\times$ 10. Ces pièces de 8 mètres de longueur entre appuis ont été chargées jusqu'à rupture. Le métal constituant résistait à 60 kilog. par millimètre, la tôle et la cornière donnant 17 pour 100 d'allongement et 25 pour 100 de contraction.

Dans ces conditions, la perte de résistance a été de 37 pour 100 pour l'une, de 27 pour 100 pour la seconde et de 32 pour 100 pour la troisième.

La conséquence de ces essais a été de faire abandonner l'emploi de l'acier, par les ingénieurs hollandais, à peu près complètement. Nous n'avons pas eu connaissance qu'ils y soient encore revenus.

En Autriche, le bon marché et l'excellente qualité a fait construire un certain nombre d'ouvrages. Un pont-route construit à Pesth par la Société autrichienne des chemins de fer de l'état a été probablement le premier. Une série d'ouvrages sur la petite ligne d'Erbersdorf à Würbenthal est venue ensuite. On exigea que le métal résistât de 42 à 47 kilog., à la rupture, par extension; la contraction à la section de rupture devait être de 43 à 48 pour 100 et la somme des deux chiffres devait donner au moins 85. On admettait un travail de 10 kilog. par millimètre carré de section nette. Ces ouvrages ont donné toute satisfaction.

En dernier lieu on a construit sur la ligne de la Krems trois ouvrages de 21 mètres, 31 mètres et 37 mètres d'ouverture. Les conditions étaient les mêmes que les précédentes. Or, il est arrivé, au pont de la Talfer, celui de 31 mètres d'ouverture, qu'un déraillement sans importance a eu lieu. Un train de ballast, marchant à une vitesse estimée à 6 kilomètres seulement à l'heure, a eu un de ses wagons déraillé et jeté contre l'une des poutres. Il en est résulté la rupture d'un assez grand nombre de pièces : une des âmes verticales, un montant en tôle et cornières et trois barres de treillis en cornières ont été brisés. On a jugé que, dans des conditions analogues, du fer se serait simplement plié et déformé, sans rupture. Ce seul accident a suffi pour proscrire momentanément l'emploi de l'acier, et sur la

ligne de l'Arlberg, où tous les ouvrages devaient être en acier on n'a plus voulu que du fer.

En Amérique, on construit maintenant un grand nombre d'ouvrages considérables en acier. Un des plus récents, celui de Monongahela, avec 2 travées de 108 mètres chacune, sans parler des petites travées latérales, est tout entier en acier. Voici les conditions exigées. Elles sont différentes pour les pièces travaillant à l'extension ou à la compression.

	Pièces tendues.	Pièces comprimées.
Limite d'élasticité.	$31^k,5$ à $35^k,2$	$35^k,2$ à $38^k,7$
Résistance à la rupture par extension.	$49^k,7$ à $56^k,2$	$56^k,2$ à $63^k,2$
Allongement total.	18 pour 100.	12 pour 100.
Contraction de la section de rupture.	30 pour 100.	20 pour 100.

Ces qualités furent aisément obtenues au moyen de l'acier fabriqué sur sole; celui fabriqué par le procédé Bessemer a donné de moins bons résultats.

Des essais à la traction furent faits sur des éprouvettes contenant des trous poinçonnés, avec ou sans alésage, d'autres trous percés à la mèche, enfin avec les uns et les autres remplis de rivets posés à chaud, et dont l'effet était de produire un certain recuit du métal à l'entour du trou. Toujours la partie la plus faible s'est trouvée dans les trous simplement poinçonnés, et le poinçonnage a été proscrit à la suite de ces essais.

En Angleterre, l'emploi de l'acier s'est étendu au moins autant qu'en Amérique. Il est devenu presque exclusif déjà pour les très grands ouvrages. Pour l'Inde, par exemple, où le transport à l'intérieur du pays, aussi bien que le fret, ont une grande importance, les ingénieurs du gouvernement l'ont très largement adopté. M. Meadows Rendel a bien voulu nous dire quelles conditions il imposait, et dont il avait jusqu'à présent eu lieu d'être entièrement satisfait. Il exige que l'acier ait de $42^k,6$ à $47^k,3$ comme résistance à l'extension et que la contraction de la section de rupture atteigne 20 pour 100.

Mais l'ouvrage le plus considérable et le plus intéressant aujourd'hui, en construction, est celui du pont sur le Forth, que nous avons pu visiter il y a peu de jours. On sait que ce gigantesque ouvrage doit avoir deux travées centrales de 500 mètres d'ouverture chacune, et que la longueur totale atteindra près de 3 kilomètres. Il doit y entrer environ 42,000 tonnes de métal, mais ce chiffre sera sans doute très largement dépassé. Or, cet ouvrage ne contiendra pas un kilogramme de fer, il sera exécuté entièrement en acier.

Voici les conditions auxquelles doit résister le métal employé dans sa construction. On distingue entre les parties destinées à subir des efforts de tension et celles destinées à être comprimées. Les unes et les autres ont des essais à la tension, que voici :

Pièces tendues . . .	Résistance,	$47^k,3$ à 52 kilos.
Pièces comprimées.	—	$53^k,5$ à $58^k,3$.

Les unes et les autres doivent donner 20 pour 100 d'allongement à la rupture. Un grand nombre de rapports d'essais que nous avons vus, constatent que la fabrication se tient très régulièrement dans les limites de résistance, et que l'allongement est en général supérieur.

On essaye actuellement quelques échantillons à la compression. Ces parallélipipèdes ont 25 × 25 × 75 millimètres et ils ne doivent pas donner un raccourcissement de plus de 10 pour 100 sous 53k,5. Nous avons vu un échantillon qui, sous 82 kilog., s'était déformé, mais non rompu, ce qui se produit en général avec l'acier doux.

Dans tout l'ouvrage on n'hésite pas à employer les éléments : tôles, cornières, etc., à de très fortes épaisseurs. La plupart des tôles employées ont de 25 à 30 millimètres. Mais tous les trous sont percés sans un seul coup de poinçon.

L'acier employé est produit par les procédés Martin-Siemens.

Résumé de ce qui précède : il semble que l'Autriche et la Hollande aient abandonné complètement l'emploi de l'acier, tandis que les pays les plus producteurs, l'Angleterre et l'Amérique, l'emploient de plus en plus. Or, ce sont justement les pays où l'on a le plus d'expérience pratique. Mais n'y aurait-il pas aussi quelque raison dans ce fait que les premiers se servent à peu près exclusivement de l'acier Bessemer, et les second de l'acier Martin-Siemens. Peut-être bien la régularité de la fabrication, que l'on dit être plus grande dans ce dernier procédé, et plus facile à obtenir à coup sûr, a-t-elle une large part dans ce résultat.

M. Canovetti. Je demanderai à ajouter un mot à propos de ce coefficient de limite d'élasticité. M. Gautier disait tout à l'heure 32 à 35 kilogrammes pour la rupture, et il a indiqué 12 ou 13 kilogrammes seulement pour le coefficient d'élasticité de l'acier.

M. le Président. Pour la limite d'élasticité.

M. Canovetti. Alors, où serait l'avantage d'employer l'acier dans ces conditions-là, la résistance de l'acier étant inférieure à celle du fer? Je me demande réellement comment ces chiffres-là ont été déterminés, surtout le coefficient de limite d'élasticité, parce qu'il y a deux méthodes : l'une mesurant l'allongement sous la charge, l'autre prenant la flexion. Il y a là, pour moi, une variation dans la manière dont on détermine ce coefficient, car on ne prendrait pas de l'acier qui aurait une limite d'élasticité inférieure à celle du fer.

M. Gautier. J'ai parlé de l'acier employé pour les constructions navales.

M. Canovetti. Si j'ai bien compris l'exemple cité par M. Périssé, les membrures du navire dont il a parlé dans son mémoire, n'avaient pas cédé; le fer aurait plié, se serait déformé et aurait été défoncé.

M. le Président. Quelqu'un demande-t-il la parole ?

M. Dallot. Si vous aviez la bonté de remettre la suite de la discussion à la prochaine séance, je demanderais la parole.

M. le Président. Certainement, la question n'est pas épuisée. M. Périssé a pris quelques notes pour lui permettre de répondre, nous continuerons la discussion à la prochaine séance.

La séance est levée à onze heures un quart.

Séance du 16 Mai 1884.

Présidence de M. Louis Martin.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 2 mai est adopté.

M. le Président fait part de la promotion de M. Eugène Péreire comme officier de la Légion d'honneur.

Il annonce également la nomination de M. Bricogne comme chevalier de l'ordre de Léopold de Belgique, celle de M. Cousin comme officier de la Couronne d'Italie et celle de M. Dumont Georges comme chevalier de l'ordre de François-Joseph d'Autriche.

L'Académie des Sciences vient de décerner le prix de Mécanique (Fondation Montyon) à M. Léon Francq, pour le perfectionnement de la machine à vapeur sans foyer, et le prix Penaud à M. Duroy de Bruignac pour la progression de la question de la locomotion aérienne.

M. Fleury demande la parole pour dire quelques mots sur ce qui s'est passé dans les dernières séances du Parlement anglais au sujet du tunnel sous la Manche.

M. Fleury. Vous avez tous lu, Messieurs, dans les journaux d'hier, le vote par lequel le Parlement Anglais vient, une nouvelle fois, de se prononcer contre l'exécution du tunnel sous la Manche.

Ce vote a éveillé chez moi des souvenirs et m'a inspiré les réflexions suivantes :

Lorsqu'en 1857, lord Palmerston arrachait au Parlement Anglais un vote défavorable au Canal de Suez, M. Gladstone s'écriait à la Chambre des communes qu'il rougissait à la pensée que l'Europe en viendrait à dénoncer avec raison l'opposition du gouvernement Anglais comme injustifiable et égoïste.

Lord John Russel, dans cette même séance, démontrait que l'Angleterre ne saurait craindre aucune concurrence, et soutenait que le pouvoir exécutif n'avait pas le droit de priver les sujets de la Reine, des avantages que pouvait leur procurer la nouvelle voie projetée.

Et après le vote, le *Spectator* ne craignait pas de dire :

« Il est malheureux et illibéral, que nos hommes d'État représentent la « sécurité et la politique de l'empire anglais comme dépendantes de l'em- « pêchement de quelque grande entreprise industrielle dans une partie « quelconque du monde. — Ce n'est peut-être pas aller trop loin que de « dire que jamais le Parlement n'a donné autant de motifs à l'accusation « répandue sur le Continent, que l'Angleterre empêche l'élan des autres « nations. »

Depuis lors, l'œuvre de M. de Lesseps s'est accomplie ; le canal de Suez a été creusé, et vous savez quels avantages en sont résultés pour l'Angleterre. — Lord Palmerston a disparu, et il semblait que l'esprit de jalousie qui avait inspiré l'opposition de son gouvernement avait du être enseveli avec lui.

M. Gladstone est aujourd'hui premier ministre ; pour la troisième fois la proposition d'un tunnel sous la Manche revient devant le Parlement anglais. Cette entreprise qui, par le grandiose de la conception et l'importance des résultats, peut être comparée au percement de l'Isthme Égyptien, cette voie, destinée à rapprocher deux peuples dont l'union féconde importe tant au développement de la civilisation, et dont la proposition est défendue par M. de Lesseps avec cette conviction généreuse qu'il met au service des grandes œuvres de progrès de l'humanité, rencontre cependant l'opposition générale des hommes d'État anglais. M. Gladstone oublie ce qu'il disait en 1857. — Il se rallie à l'opposition, et 222 voix contre 87 rejettent le bill.

Pour couronner l'œuvre, M. Wyndham déclare « que le canal de Suez « était une malédiction jetée sur l'Angleterre et sur l'Égypte et que le tun- « nel de la Manche ne vaudrait guère mieux. »

Vous penserez sans doute, Messieurs, que M. Windham n'a pas exprimé l'opinion de la nation anglaise ; nous persisterons à croire que le bon sens de ce grand peuple protestera contre de telles allégations, aussi nuisibles au progrès que contraires à la justice. Mais il m'a paru que la Société des Ingénieurs civils me permettrait d'exprimer le regret et la tristesse que me font éprouver, et le vote du Parlement, et l'étrange déclaration d'un de ses membres. C'est ce sentiment qui m'a porté à demander la parole au début de la séance.

M. Edmond Roy. Messieurs, la question du canal de Suez devrait nous éclairer sur la question du tunnel de la Manche, et les réserves que font les Anglais concernant le tunnel sous la Manche, seraient bien plus applicables à nous autres, Français, qu'aux Anglais.

Pour nous en convaincre, il suffit de nous rappeler que les Anglais, quand le canal de Suez a été construit, ont commencé, avant d'essayer de s'en assurer la possession, à prendre les clefs du canal, ils avaient déjà Aden et Perim et ils se sont emparés de Chypre, plus tard de l'Égypte elle-même, où ils sont installés à l'heure actuelle; ils ont voulu être possesseurs de ce moyen de communication qui leur offre de si grands avantages.

Eh bien, il y a là un exemple qui devrait nous servir et nous arrêter dans une voie où notre esprit actuel de cosmopolitisme nous pousse beaucoup trop loin.

Le tunnel sous la Manche offrira un moyen de communication qui ne sera pas spécial seulement à la France et à l'Angleterre, mais qui servira à faciliter les relations de l'Angleterre avec tout le continent Européen. Or, si une guerre créait des difficultés entre les deux nations reliées directement par le tunnel de la Manche et que nous fermions cette porte de communication avec l'Angleterre, nous fermerions en même temps la porte aux autres nations; et, si nous avions le malheur de retomber sous les fourches caudines des autres nations du Continent Européen, on pourrait nous dire: « Ce tunnel doit servir à tout le monde, et être ouvert en tout temps; personne « n'a le droit de fermer cette communication. » — Il faudra donc que l'entrée du tunnel de la Manche soit au moins neutralisée, et alors ce serait, pour nous la perte de Dunkerque et de Calais; et si les Anglais ne s'en emparent pas, il faudra que ces deux points importants soient confiés à une nation neutre. Par conséquent, je proteste contre l'exécution du tunnel sous la Manche.

M. le Président : Mais pas au point de vue matériel de la construction du tunnel?

M. E. Roy. Au point de vue technique, je suis d'accord avec les ingénieurs qui en ont dressé le projet et les devis, mais je tiens surtout à faire remarquer que le tunnel de la Manche sera une voie dont nous ne serons pas les seuls à nous servir, que nous n'en profiterons pas exclusivement, et qu'il faudra qu'elle soit toujours ouverte.

Un Membre. Il me semble que M. Roy se trompe; il en sera du tunnel de la Manche comme il en est du Mont-Cenis ou d'un chemin de fer quelconque. Est-ce que le chemin de Strasbourg, par exemple ne nous appartient pas comme lorsqu'il était Français?

M. E. Roy. Non! d'abord on nous a pris Strasbourg et Metz pour avoir un pied chez nous, et le cas n'est pas le même; attendu que, par un détour, en cas de guerre, nous pourrions communiquer avec les autres puissances, et réciproquement; tandis qu'il n'y aura qu'un tunnel pour mettre le continent Européen en communication avec l'Angleterre.

Ce sont l'histoire et les faits relatifs au canal de Suez, qui éclairent mon patriotisme, et il a fallu 100 ans de guerres pour chasser les Anglais de la France, il n'y a que trois siècles que Calais est redevenu français, nous

avons fait le canal de Suez contre la volonté du gouvernement Anglais, il en a pris les clefs d'abord, et est en train de s'emparer du tout aujourd'hui

M. le Président : Nous ne pouvons pas discuter ces questions qui sont du domaine de la politique. Je consulte l'assemblée et je lui demande si elle est d'avis que les paroles prononcées par M. Fleury soient insérées au procès-verbal.

M. Fleury : Je ne voudrais pas faire, de cette question, une affaire sortant des limites des règlements de la Société; j'ai voulu réclamer en faveur d'une œuvre qui me paraît une œuvre de progrès et d'intérêt général, parce que cette œuvre se trouve attaquée.

L'assemblée consultée décide l'insertion au procès-verbal des paroles de M. Fleury.

L'ordre du jour appelle la discussion sur le mémoire de M. Périssé, *Emploi de l'acier dans les constructions navales, civiles et mécaniques.*

M. Seyrig a la parole pour terminer les quelques observations et les renseignements qu'il a présentés dans la dernière séance.

M. Seyrig. J'ai demandé la parole parce que je me suis aperçu que quelques chiffres intéressants ont été omis dans ce que j'ai pu dire, dans la dernière séance, au sujet des grands travaux d'Amérique et d'Angleterre. Il m'a été demandé, depuis lors, par quelques membres de la Société, de compléter ces chiffres, et c'est pour donner satisfaction à ce désir que j'ai demandé à prendre de nouveau la parole aujourd'hui.

J'ai parlé du pont de Monongahela, récemment construit en Amérique; ce pont comprend certaines parties en fer et d'autres parties en acier; pour le fer comme pour l'acier, on a admis des coefficients de travail très variables, suivant la nature des pièces. Ainsi, certaines membrures, des poutres transversales, sont en fer; les pièces comprimées travaillent à 5 kilog. 60 à peu près; les pièces tendues travaillent à 6 kilog. 32. Voici les chiffres admis pour l'acier comme coefficients de travail : les pièces comprimées travaillent à 6 kilog. 90, et les pièces tendues vont jusqu'à 9 kilog. 30, soit 50 pour 100 de plus que pour le fer. Dans les treillis qui, suivant les habitudes américaines, sont des barres plates, avec des œils forés aux extrémités, dans lesquels passent les boulons d'articulation, on admet un coefficient de travail de 10 kilog. 5 ; pour le cisaillement des rivets et boulons, 7 kilog. En même temps qu'on calcule l'effort de cisaillement de ces axes, on considère l'effort dû à la flexion et, pour cette flexion, on admet 14 kilog. 25. Enfin, on fait encore attention à un autre mode de travail, qui est la compression locale, c'est-à-dire la compression produite dans certaines parties des pièces par les pièces voisines. Lorsqu'un rivet, par exemple, passe à travers un trou, en appuyant sur la pièce qu'il maintient, il produit localement une certaine compression; de même les grands axes d'articulation produisent une pression locale sur une région très faible de la membrure

ou du treillis; pour cette compression locale, on admet 12 kilog. 70. Ces chiffres sont donc assez élevés.

Pour le pont de Forth, en construction, ce grand ouvrage, le plus considérable de notre époque, le coefficient de travail a été longtemps discuté. Le Board of Trade, ou Ministère du commerce anglais, qui règle la matière, qui a le droit et qui use, dans une large limite, de ce droit, de faire varier le coefficient de travail imposé aux constructeurs, a été sollicité par les ingénieurs d'étendre la limite du travail du métal; il en est arrivé, après des discussions longues et approfondies, à accorder aux constructeurs l'autorisation de faire travailler le métal jusqu'à 11 kilog. 8 par millimètre carré. Ce chiffre-là s'applique à la fatigue du métal sous les efforts et les charges les plus défavorables, comprenant l'effet des poids permanents et l'effet du vent, qui a une grande importance dans les ouvrages de grandes dimensions et très élevés.

Voilà, Messieurs, les chiffres que je croyais devoir vous signaler et qui permettent de pouvoir juger en toute connaissance de cause de l'emploi de l'acier dans la construction de ces ouvrages-là.

Je n'ai pas pu, à la dernière séance, arriver à une conclusion des observations que j'ai eu l'honneur de vous soumettre; je voudrais dire en deux mots à quoi me paraissent conduire les expériences aujourd'hui admises.

Nous sommes à une époque où nous savons très bien nous rendre compte de la nature et des propriétés d'un métal, et c'est ce qui a donné lieu à l'extension de l'emploi du fer dans les travaux publics. Il y a cinquante ans, on n'était pas en possession de ces moyens qui permettent de reconnaître les propriétés d'un métal et on ne savait pas se rendre compte de sa qualité. C'est cette absence d'expériences nombreuses sur la matière employée, qui a conduit à admettre un coefficient uniforme pour tous les ouvrages. C'est ainsi qu'on peut comprendre ce qu'en dit Poncelet dans son ouvrage; il a étudié la question à son origine, et il semble résulter de ce que dit cet auteur, que l'administration, à cette époque-là, ne se trouvant pas en présence de fabricants ayant l'habitude d'essayer fréquemment les métaux, a imposé un coefficient de travail uniforme. Ce fait devient regrettable, aujourd'hui que nous avons des moyens d'investigation plus précis, surtout lorsque, comme pour l'acier, nous en sommes arrivés à essayer un grand nombre de pièces dans chaque lot de fabrication; il y a même certaines constructions, comme celles des navires, pour lesquelles on exige l'essai de chaque pièce, pour ainsi dire. Si l'on n'est pas arrivé encore, dans la fabrication de l'acier, à des résultats suffisamment homogènes, au moins peut-on s'assurer, par des expériences très sûres, de la qualité du métal qu'on emploie. On proposait, à l'origine de la question de l'emploi du métal, d'après Duleau, qui a fait les premières expériences, d'adopter environ 5, comme coefficient de sécurité. Cependant Poncelet admettait lui-même que, *étant parfaitement éclairés sur les qualités et la nature du métal, on peut augmenter les charges jusqu'à celles qui sont voisines des limites de l'élasticité.*

Poncelet est souvent invoqué lorsqu'il s'agit de cette limite, et je crois qu'il est intéressant de rappeler son opinion précise sur ce point.

Elle est fort différente de celle plusieurs fois émise ici-même, c'est-à-dire qu'il convient d'appliquer au chiffre qui exprime cette limite, un coefficient de 1/2 ou même de 1/3.

Si l'on appliquait ces idées plus larges, que pourrait-on accepter pour l'acier?

D'après ce que j'ai dit, on peut admettre aujourd'hui que la fabrication de l'acier est assez perfectionnée pour obtenir à coup sûr un acier résistant à 50 kilogrammes à la traction et donnant 20 pour 100 d'allongement. Si nous avons ces coefficients de résistance et d'allongement, nous aurons un métal qui se travaillera très bien; et il sera plus homogène que le fer. Cela étant, quel inconvénient y aurait-il à admettre nettement 10 kilogrammes de travail, dans les conditions ordinaires? Je rappelle qu'il importe beaucoup, à mesure que l'on élève les coefficients de travail, de n'agir que sur les parties qui résistent réellement, et de ne pas faire partir le calcul sur les sections brutes comprenant des parties percées de trous comme une écumoire, on aurait ainsi un coefficient de sécurité de 5. La limite d'élasticité de ce métal serait 22 ou 24 kilogrammes, peut-être davantage encore, et on aurait par rapport à cette limite un coefficient de sécurité de 2 à 2,5, bien suffisant.

Si les conditions pour lesquelles on calcule un ouvrage sont la conséquence d'hypothèses exagérées, et nous avons des constructions qui sont dans ce cas-là; comme celles soumises à l'action du vent, par exemple; dans ces conditions, je ne verrais pas d'inconvénient à admettre un chiffre plus élevé encore, de 12 kil. par exemple, comme résistance du métal. Étant donné qu'on a aujourd'hui tous les moyens d'essayer le métal et de se rendre compte de sa qualité, avec un métal résistant à 50 kilogrammes, nous aurions un coefficient de sécurité suffisant.

Depuis qu'on construit des ponts métalliques ou des charpentes, les charges accidentelles se sont augmentées; le matériel roulant des chemins de fer, le matériel roulant des voies de terre également, a généralement augmenté en nombre et en poids, et les ponts construits il y a trente ans, par exemple, travaillent aujourd'hui à des coefficients bien supérieurs à ceux pour lesquels ils avaient été calculés. Mais on peut croire que l'augmentation de la charge accidentelle ne sera plus à l'avenir aussi considérable qu'elle l'a été depuis 25 ou 30 ans. Supposons que cette augmentation puisse atteindre 25 pour 100: le résultat sera d'avoir un coefficient de sécurité de 4 au lieu de 5; cela me paraît encore très large. Ce qu'il faut demander, cependant, c'est une grande précision, au point de vue théorique, et il faut formuler encore une réserve spéciale que voici :

Nous avons calculé, depuis longtemps, nos ponts métalliques suivant les principes de la statique pure et simple, en admettant que les assemblages n'exerceraient aucune influence sur la pression des pièces. Or, un savant professeur, M. Winkler, a publié, assez récemment, un ouvrage dans lequel

il étudie théoriquement l'influence des assemblages sur les parties constituant le pont, il a comparé les résultats avec ceux du calcul habituel; il est arrivé à un résultat curieux : l'influence de l'encastrement partiel qui se produit dans chacune des articulations varie beaucoup, et dans tel type de pont, il en résulte une augmentation de 60 à 70 pour 100 sur le coefficient de travail normal. Un tel système devra logiquement être écarté.

D'autres systèmes, au contraire, n'ont d'augmentation théorique que jusqu'à concurrence de 13 à 15 pour 100. On les préférera sans nul doute. Il s'agira donc de choisir le système à employer pour n'être pas exposé à un alea trop grand dans le coefficient de travail, ou bien encore aura-t-on recours à un calcul plus précis, donnant un résultat mieux défini, plus digne de confiance, et qui permettra d'augmenter la fatigue du métal.

M. Rubin. Je voudrais dire un mot au sujet d'une assertion formulée par M. Seyrig dans la dernière séance. Il a dit que les fers exigés pour les ponts devaient aujourd'hui couramment résister à 36 kilog. dans les essais à la traction. Je ne connais pas de cahiers des charges dans lesquels ce coefficient soit exigé et je crois qu'il serait bon de donner quelques détails sur ce point, pour prévenir des erreurs et des fausses interprétations. Voici, en effet, des cahiers des charges de nos grandes Compagnies : Lyon, Nord, Est, État, qui ne demandent que 30 à 32 kilog. de résistance.

M. Seyrig. Les cahiers en question, bien qu'en vigueur encore, remontent presque tous à un assez grand nombre d'années. Beaucoup d'ouvrages récents, surtout ceux exécutés par l'État ont eu pour base des conditions nouvelles, où l'on s'est fondé — à tort, il faut le dire — sur le cahier des charges de la marine. Je reconnais que le chiffre de 36 kil. que j'avais cité est erroné; mon erreur provenait, de ce que, dans une série de 400 essais environ, faits sur des fers pour lesquels on exigeait 34 kil., on a obtenu une moyenne générale supérieure à 36 kilog. Les cahiers des charges de l'État auxquels je faisais allusion demandent 34 kilog. et 9 pour 100 d'allongement. La Compagnie du Midi va même un peu plus loin pour certains fers. Ces chiffres n'infirment cependant pas le raisonnement que j'ai cru pouvoir faire à propos de la limite d'élasticité.

M. Jordan. Le sujet que M. Périssé a voulu embrasser est vaste et complexe, puisqu'il comprend en somme tous les emplois de l'acier, sauf la fabrication des outils. Il a réuni dans son cadre une foule de renseignements intéressants et très variés. Aussi, il me semble impossible qu'une discussion sur ce travail aboutisse à des conclusions bien pratiquement utiles si elle n'est pas divisée, spécialisée pour chacun des emplois de l'acier. Je ne viens cependant pas discuter sur tel ou tel de ces emplois, ni vous apporter des faits relatifs à cet emploi : je n'ai pas personnellement une pratique suffisante des constructions métalliques pour connaître des faits inédits, et le temps m'a manqué pour colliger dans les études des constructeurs français et étrangers des données assez importantes pour être ajoutées à celles déjà réunies et coordonnées par M. Périssé. M. Seyrig nous a montré, en se

bornant à la construction des ponts dont il a une grande expérience, qu'il y avait dans la pratique étrangère beaucoup de faits importants que nous ne connaissions pas assez et qui pouvaient très utilement prendre place à côté de ceux cités dans le mémoire en discussion. Cette application de l'acier à la construction des ponts semble devoir fournir le principal élément de la discussion qui, pour elle, est plus aisée, tant parce que les ponts n'exigent que des aciers en barres et en tôles de fabrication courante et n'ayant pas à supporter de travaux de forge, que parce que les renseignements sont volontiers donnés ou publiés. Nous avons pu constater cependant que pour cette application même les constructeurs consommateurs d'aciers sont loin d'être d'accord. Ils ne paraissent pas du reste avoir non plus d'opinion bien arrêtée en ce qui concerne l'emploi des aciers dans le matériel des chemins de fer, quoique les renseignements qui nous ont été exposés soient moins nombreux.

En demandant la parole, mon but était surtout de vous parler des causes qui, suivant moi, peuvent empêcher d'aboutir une discussion comme celle-ci, sans qu'il y ait faute de ceux qui y prennent part, mais par la nature même du sujet.

Tout d'abord, pardonnez-moi si je ne puis, encore moins maintenant qu'autrefois, m'habituer à entendre parler de l'*acier*, du *fer*, de la *fonte* dans une discussion sur les applications ; c'est pour moi comme si j'entendais discuter sur les propriétés générales du *bois* ou de la *pierre*. De même qu'il y a des bois de natures différentes (peuplier, gaïac, chêne, par exemple) employés à des usages différents, des pierres diverses (craie, granit, par exemple), il y a *des aciers*, *des fers* tout aussi différents par leurs provenances et leurs propriétés. Le fer, qui sert à fabriquer les poutres de plancher, les rails, n'est pas le même que celui qui sert à fabriquer les fils de fer ou les chaînes. Un acier pour bandages n'est pas un acier pour limes ou burins, etc. Il faut, pour bien employer ces métaux, savoir les spécialiser. Les consommateurs ont pour rôle, me semble-t-il, de reconnaître la nature du métal qui convient à une application donnée, comme les producteurs ont pour devoir de les aider autant qu'ils le peuvent à arriver à ce but et ensuite de leur fournir un métal constant et conforme au desideratum. Pour ce qui concerne les aciers, le mémoire de M. Périssé, comme les observations déjà faites, semblent prouver qu'on n'est pas encore arrivé, au moins partout, à cette entente de la spécialisation. Les causes en sont diverses et je ne veux pas les rechercher en détail ici. Remarquons cependant que lorsqu'un consommateur compétent est en même temps un producteur expérimenté, il arrive assez vite au but. C'est le cas de M. Webb, en même temps ingénieur en chef du London and North Western Railway et directeur des aciéries de Crewe : ainsi que me le rapportait l'autre jour un ami commun, il n'emploie presque plus de fers dans la construction des locomotives; convertisseurs Bessemer et fours Siemens concourent pour lui donner les métaux qu'il désire, au grand avantage de sa Compagnie. Il sait ce qu'il veut comme métal et il sait ensuite le fabriquer et l'ouvrer. Le consommateur

uniquement constructeur ne sait pas toujours ce qu'il veut et ne sait pas non plus toujours travailler le métal nouveau qu'on lui livre : il tâtonne plus ou moins péniblement, et le producteur, mal guidé, tâtonne aussi pour lui donner satisfaction. Ici même, nous avons pu constater des désaccords entre les constructeurs au point de vue uniquement technique. Les questions économiques, celles de concurrence indigène ou internationale viennent encore rendre l'entente plus difficile.

En restant dans les généralités, cherchons à voir ce qui distingue réellement les fers et les aciers employés dans les constructions.

Les *fers* proviennent d'un mode d'affinage de la fonte dans lequel les grains solides de fer ont pris nature dans un bain de scories plus ou moins liquides. On les a agglomérés en cherchant par une compression énergique à expulser la scorie interposée, ce qui a procuré des fers bruts en barres ou en plaques de 30 à 40 kilog. chacune. Quelque soin qu'on ait pris, ces fers bruts sont plus ou moins hétérogènes, et quand on veut obtenir des produits marchands, il faut classer les barres avec soin, les débiter ensuite en bouts de façon à former des paquets composés de mises de même qualité, chauffer ces paquets pour les souder, les comprimer encore pour expulser et la scorie primitive et celle qui se forme pendant ce second chauffage, avant de les laminer en barres ou en tôles. Avec ce mode de travail, il reste toujours de la scorie interposée entre les grains de fer ou entre les fibres formées par l'étirage de ces grains : je ne veux pas parler seulement des fragments de scorie qui constituent les pailles visibles, mais de filaments presque imperceptibles que le microscope ou l'attaque chimique seulement permettent de déceler. Je n'ai jamais vu un morceau de fer dans lequel on ne pût découvrir des scories, et je me rappelle que le regretté M. Lechatelier me le faisait déjà remarquer il y a près de vingt ans. Dans une conférence faite à la Sorbonne en 1881, j'ai pu, au moyen du mégascope de M. Molteni, montrer à tout un auditoire combien les cassures de fers et d'aciers se différencient sous ce rapport. Les scories ont beau être presque invisibles à l'œil nu, elles n'en créent pas moins des défauts de soudage moléculaire. Aussi, une barre, une plaque de fer ne peut être considérée comme une masse homogène dont toutes les molécules résistent ensemble en se prêtant un mutuel secours lorsqu'elle a à supporter un certain effort. Il ne faut pas oublier du reste que, par suite du mode de fabrication des fers, l'influence de l'ouvrier est énorme et la moindre irrégularité ou négligence dans les travaux du puddlage (200 kil. par 200 kil.), du cinglage, du classement des fers bruts, du paquetage, du réchauffage, peut amener une inégalité dans la constance des produits. Deux barres ou deux tôles, deux parties d'une même barre, peuvent différer dans leur qualité, soit parce qu'elles ne contiennent pas la même quantité de scorie, soit parce que celle-ci est différemment distribuée, soit parce que la nature intrinsèque des mises en ces endroits n'était pas absolument la même. Comment s'étonner alors qu'on soit obligé de laisser une large marge pour ces éventualités,

lorsque, connaissant la charge de rupture ou la limite d'élasticité, on veut adopter un coefficient de sécurité?

Il en est autrement des *aciers*, et je ne parle que des aciers fondus, les seuls du reste, suivant moi, qui méritent d'être distingués des fers par une dénomination spéciale. Ils sont produits par un affinage en grandes masses, pendant lequel le métal reste liquide et toujours séparé de la scorie qui peut être éliminée par une simple liquation. Un opérateur, qui n'est plus un simple ouvrier, mais souvent un ingénieur ou un chimiste, conduit lui-même une opération qui fournit jusqu'à 10,000 kilog. et plus d'un métal tout de même qualité, qu'on peut couler sans difficultés spéciales en un plus ou moins grand nombre de lingots. Ici plus de solution de continuité dans une barre ou une tôle, toutes les molécules sont soudées et forment une seule masse. Ici aussi constance des propriétés du métal, non seulement dans un même lingot ou dans une même coulée, mais aussi dans plusieurs coulées obtenues de la même façon : l'essai mécanique d'un échantillon ou son analyse chimique donne un critérium, non pas absolu si l'on veut, mais qui n'existe pas au même degré pour les fers. De nombreux faits pratiques ont déjà montré aux constructeurs expérimentés la valeur réelle des essais faits sur des échantillons : aussi est-il naturel que, dans les pays où l'on fabrique le plus d'aciers, les ingénieurs dont a parlé M. Seyrig, adoptent pour le calcul de leurs pièces des chiffres bien moins différents que pour les fers de ceux fournis par l'essai des barrettes d'épreuve. L'acier est un métal qui se prête mieux à la théorie que le fer, si l'on peut parler ainsi. Quoi qu'il en soit, il me semble évident que l'avantage spécial des aciers pour la construction provient uniquement de leur mode de fabrication, et c'est le fait de provenir d'une fusion et de ne pas contenir de scorie incorporée, que je considère comme leur caractère spécifique.

Mais il ne faut pas oublier que ce mode d'obtention est aussi la raison qui fait que les variétés d'aciers peuvent être plus nombreuses que celles de fers. Par suite de la fusion à haute température, les aciers peuvent conserver ou acquérir des teneurs en carbone, en manganèse plus élevées et plus diverses que les fers. On peut avoir des aciers carburés, durs, très résistants à la traction, s'allongeant relativement peu; on peut avoir des aciers peu carburés, doux, à charge de rupture moindre et à allongement plus grand. On peut avoir des aciers qui durcissent par le refroidissement brusque, par la *trempe*, comme on dit, et d'autres qui ne durcissent pas, qui se comportent comme des fers doux qui seraient homogènes, des aciers qui sont *sauvages* et se cassent au coup de marteau et d'autres qui se soudent comme les meilleurs fers. Grâce aux progrès de l'industrie, les fabricants d'aciers paraissent être maintenant en possession des moyens de réaliser les desiderata techniques les plus variés des constructeurs, s'ils ne sont pas toujours ou partout en situation de faire face aux desiderata économiques. Mais ces aciers, plus variés que les fers, exigent aussi pour leur ouvraison des modes de travail plus variés que les fers : ils ne peuvent tous être forgés, percés, coupés, soudés de la même façon et ils nécessitent

un apprentissage qui n'est pas complet partout, bien que tous les jours on fasse des progrès sous ce rapport. C'est une seconde difficulté qui vient s'ajouter à celle indiquée tout à l'heure pour la vulgarisation de l'emploi des aciers. Je ne parle que des difficultés techniques, ne voulant pas toucher le côté économique de la question.

A propos de la variété des aciers, permettez-moi de vous présenter, après ce qui a été dit par MM. Périssé, Gautier, Seyrig au sujet des propriétés résistantes, un acier que beaucoup d'entre vous prendraient à première vue, d'après sa cassure (à la condition de ne pas employer de microscope), pour un bon fer au bois. Cet acier, fabriqué en France, dans le Nord, ne durcit pas par la trempe, est ductile comme le meilleur fer doux et se soude aussi bien, sinon mieux que lui. Essayé à la rupture, il a cassé à 36 kilog. avec un allongement de 27 pour 100 environ (barrette de 200 millimètres), et sa limite d'élasticité paraît être entre 23 et 24 kilog. En voyant ce qu'ont supporté ces tôles, on comprend qu'un navire construit avec elles, pourrait, comme on l'a rapporté en 1864, je crois, du vapeur *Motala*, construit en acier Bessemer doux, en rencontrant une roche, s'y déformer sans faire eau : ici, il n'y a pas comme dans des tôles de fer, de ces filaments de scories qui peuvent amener une solution de continuité et empêcher l'emboutissage de se faire sans criques. Vous avez sans doute tous vu, soit en 1867, soit en 1878, des exemples d'emboutissage de tôle d'acier réellement merveilleux.

Ainsi que le dit M. Périssé, ces aciers extradoux ne peuvent s'obtenir aussi aisément ni aussi économiquement que les aciers à rails, par exemple : leur fabrication est peu encouragée en France où la douane les laisse pénétrer au même droit que les fers les plus communs, du moment qu'ils ne trempent pas et alors même qu'ils valent plus que les aciers durs. Il y a là, soit dit en passant, une bizarrerie contre laquelle ont réclamé sans succès les fabricants français.

En terminant, je dois dire que je n'oserais pas exprimer une opinion aussi absolue que celle de M. Périssé sur les avantages du travail à la presse hydraulique qui refroidit le métal plus vite que le pilon. Je suis encore en désaccord avec lui sur deux autres points. Je ne crois pas qu'on puisse poser en principe qu'un métal fondu se refroidit plus vite qu'un métal soudé et je ne connais pas de faits qui le montrent. Je ne sais pas non plus ce qui peut faire penser que les aciers provenant de ce qu'on appelle le travail en déphosphoration ou travail basique ont un état moléculaire différent de ceux obtenus dans le travail acide. Enfin, à propos des arbres en acier fondu, je crois qu'il serait intéressant que M. Périssé pût nous communiquer plus de détails sur la fabrication des arbres creux qu'il préconise.

M. le Président remercie M. Jordan de la communication qu'il vient de faire avec tant d'intérêt et toute la clarté d'un professeur.

M. Sévérac. Je voudrais dire quelques mots sur les résultats des essais à

la traction. Nous venons de voir M. Jordan nous expliquer comment les aciers s'obtenaient en grande masse; je dis que ce métal-là ne coûte pas plus cher, coûte même meilleur marché que le fer ordinaire qu'on employait.

Le fer ordinaire qu'on employait ne résistait pas à 6 ou 7 pour 100 d'allongement à la traction; souvent, dans la construction, vous aviez des fers plats qui rompaient à 2 pour 100 d'allongement; vous en aviez même qui cassaient en tombant, et, en examinant la cassure, il était facile de compter la série des mises. Ces fers ne valaient donc pas les aciers Martins-Siemens ni les aciers obtenus par le convertisseur Bessemer ou par d'autres procédés.

Je classerai les métaux en trois catégories :

Les fers de choix;
Les aciers de choix;
Les aciers ordinaires.

Je crois que les aciers ordinaires finiront par remplacer les fers ordinaires. On pourra obtenir, avec l'acier, de plus grandes masses; On peut prélever, sur ces masses, des barrettes d'épreuves, qu'on peut analyser; On peut prendre des éprouvettes et savoir quelle sera la résistance à la traction et quel sera l'allongement; et ensuite, vous pourrez construire un pont avec des matériaux qui auront tous la même résistance.

J'ai ici des chiffres donnant les résultats obtenus dans plus de 500 essais. Voici des aciers obtenus au four Martin aux usines de Pamiers, dans des essais faits par le chemin de fer d'Orléans, la résistance était de $48^{k},80$, et l'allongement de 22,70 pour 100, sur les éprouvettes 200 $^{m}/_{m}$ de longueur et de 16 $^{m}/_{m}$ de diamètre. — Plus loin, nous avons une résistance de 53,5 kilogrammes et 19,6 pour 100 d'allongement. Enfin, on arrive à une résistance à la traction de 64 kilogrammes avec un allongement de 18,65 pour 100.

Mais si vous examinez ce qui se passe dans ces éprouvettes de 30 ou 35 kilogrammes, nous n'avons aucun allongement; puis (il y a eu deux essais dont l'un a résisté à 63 kilogrammes, et l'autre à 65), de 35 à 59^{kg}, il y avait eu un allongement régulier pour le premier essai, qui partant de 0 est allé régulièrement à 6 pour 100, et de 59 à 63^{kg}, s'est élevé tout à coup de 6 à 15 pour 100. Pour le second essai nous avons eu allongement régulier de 0 à 9 pour 100 et saut brusque à 19 pour 100 d'allongement à la rupture. Ceci tend à prouver que, ce qu'il faut chercher, c'est le point où le métal commence à s'allonger et le point ou l'allongement finit d'être régulier; ce qu'il importe de connaître, ce n'est pas tant le chiffre de 63 kilogrammes, où le métal s'est rompu, que le chiffre de 59^{kg} où l'allongement commence à n'être plus régulier.

Maintenant, avec les aciers Bessemer, arrive-t-on à un aussi bon résultat qu'avec les aciers Martin ? Pour les aciers ordinaires, oui. Les aciers Bessemer ont résisté à 60 et 65 kilogrammes, avec des allongements de 15 p.100.

D'autres ont eu des résistances de 60 à 67 kilogrammes avec 18 pour 100 d'allongement. Des aciers pour bandages ont présenté des résistances de 55 à 60 kilogrammes avec 23 et 25 pour 100 d'allongement. Enfin, pour les aciers Thomas, les éprouvettes ont résisté à 46 kilogrammes avec 16 p. 100 d'allongement.

Avec quelques éprouvettes de métal destiné à faire des fils télégraphiques, j'ai obtenu 40 kilogrammes de résistance et 25 pour 100 d'allongement, métal Thomas.

Que peut-on obtenir avec des fers, avec des éprouvettes de 200 millimètres de longueur prises dans des essieux destinés à la Compagnie P.-L. M., à la traction, la résistance moyenne sur plus de 200 éprouvettes a été 36 kilog.,7 et de l'allongement de 21,6 pour 100.

La résistance minimum a été de 33 kilog.,5, et l'allongement s'est élevé à 27 pour 100. Le chemin de fer d'Orléans, qui accepte pour ses essieux du fer ballé; on a obtenu une résistance moyenne de 33 kilogrammes et 25 pour 100 d'allongement; 32 kilogrammes a été la résistance minimum et l'allongement minimum a été 23 pour 100.

Des éprouvettes d'essieux pour les chemins de fer de l'État ont donné une résistance moyenne de 35 kilog.,4 avec 25 pour 100 d'allongement.

Voici les résultats de quatre essais pour les chemins de fer de l'Est : la résistance a été de 40 kilog.,300, et l'allongement de 27,800 pour 100. Pour les tiges de tampon, la matière a donné 36 kilog. de résistance, et 32,5 pour 100 d'allongement. Ces tiges de tampon étaient faites avec du fer puddlé mis en paquets, dont on faisait ensuite la tige de tampon. En prenant les essieux qui avaient servi aux essais, la résistance s'est élevée à 39 kilogrammes, et l'allongement à 34 pour 100.

Quant aux fers marchands, la résistance exigée par les Compagnies de chemins de fer varie de 35 à 40 kilogrammes et l'allongement doit être de 20 pour 100. J'ai remarqué, dans les essais, que, plus l'échantillon était petit, plus la résistance et l'allongement étaient grands. Ce sont les machines Thomassi qui permettent le mieux de suivre les diverses phases des essais. Tous ces bandages et essieux ont subi des essais au choc. Dans les essais au choc des essieux, le fer résiste beaucoup mieux que l'acier; aussi, avec le fer, impose-t-on des flèches de 300 millimètres, tandis qu'à l'acier, on n'impose des flèches que de 200 millimètres.

M. Jordan demande à faire remarquer, dans les observations de M. Sévérac, qui a parlé comme consommateur d'aciers, un exemple à l'appui de ce qu'il a dit des difficultés qui se rencontrent dans l'emploi rationnel des aciers et aussi, du reste, des fers, M. Sévérac, parlant d'essais particuliers qu'il a cités, a établi une comparaison entre les fers, l'acier Bessemer, l'acier Martin, l'acier Thomas. Cette comparaison peut avoir son intérêt pour un consommateur qui a à choisir entre les métaux particuliers ou plutôt entre les provenances qui ont été l'objet de ces essais; mais, à un point de vue général, elle serait sans valeur. De même que dans un four à

puddler on peut fabriquer les fers les plus différents, depuis celui qui casse en tombant par terre, jusqu'au fer qualité fer au bois, de même dans un convertisseur Bessemer, dans un four Martin, dans un convertisseur basique on peut produire les aciers les plus variés suivant les matières premières et les formules de travail. Il n'y a donc pas de conclusion générale à tirer de quelques expériences isolées, et les chiffres cités ne peuvent être utilisés rationnellement que par celui qui a fait les expériences. Pour qu'un constructeur puisse se servir avec sécurité d'un coefficient puisé dans des expériences faites en dehors de lui, il faudrait que ces expériences s'expliquassent sur la provenance exacte du métal et qu'il eût à employer la même ou une analogue. Dans les aide-mémoire, on trouve trop souvent des chiffres qui sont des moyennes prises entre des aciers très différents et que M. Jordan considère par suite comme inexactes et dangereuses à employer.

M. Dallot. Je désire présenter quelques observations sur la question si intéressante et si importante de l'emploi de l'acier dans les constructions et spécialement dans les ponts.

Le point qu'il importe d'abord de fixer nettement est la nature de l'acier dont il convient de se servir. Je dirai de suite que la matière qui a été désignée par M. Gautier dans la dernière séance sous le nom d'*acier extradoux*, ne remplirait nullement, suivant moi, telle qu'il l'a définie, le desideratum des ingénieurs et ne serait susceptible de fournir à l'art des constructions aucun élément de progrès.

M. Gautier a énoncé en effet que le métal dont il recommande l'emploi, et qui est un acier obtenu par la méthode basique, possédait un coefficient de rupture de 34 à 35 kilogrammes par millimètre carré avec un allongement de rupture de 30 pour 100, mais que sa limite d'élasticité ne dépassait pas 14 kilogrammes. Cette dernière donnée suffit pour nous édifier sur les services qu'un tel métal peut rendre. Certes, si le prix de l'acier basique extradoux s'abaissait au prix du fer communément employé, ainsi que M. Gautier l'a laissé entrevoir, cet acier obtiendrait la préférence comme présentant des garanties plus grandes. Mais la limite d'élasticité restant la même, il ne serait pas possible de diminuer le poids du métal employé. Par conséquent, l'art des constructions, la solution économique du problème des grandes portées, n'auraient pas avancé d'un pas.

Est-ce à dire qu'il faille adopter la qualité d'acier qui possède la limite d'élasticité la plus élevée? Non, car, au delà d'une certaine valeur de la limite d'élasticité en général, le coefficient de rupture s'élève, mais d'un autre côté l'allongement de rupture s'abaisse. On a alors un acier dur, cassant sous l'action des chocs, ne possédant qu'une médiocre résistance vive de rupture et s'altérant sous l'action mécanique des outils. C'est l'emploi de matériaux de cette nature qui a donné lieu à des mécomptes dans les premières applications de l'acier à la construction des ponts, alors qu'on en connaissait mal les propriétés, que les procédés de fabrication étaient imparfaits, et surtout qu'on ne savait pas encore produire des aciers doux.

unissant une limite d'élasticité élevée à une charge vive de rupture considérable. Car ce sont là les deux propriétés qui caractérisent l'acier propre aux constructions.

Si l'on examine le tableau extrait de la classification des aciers du Creusot, que l'on trouve dans la remarquable étude de M. Barba sur l'emploi de l'acier dans les constructions, on voit que depuis plus de dix ans on sait en France fabriquer des aciers qui, avec une limite d'élasticité de 30 kilogr. au moins, possèdent un coefficient de rupture de 48 kilogrammes et un allongement de rupture de 29 pour 100 quand il est mesuré sur une longueur de $0^m,100$, ce qui correspond à un allongement de rupture d'environ 22 pour 100 quand il est mesuré sur une longueur de $0^m,200$. Voilà, suivant moi, le type de la qualité d'acier qui convient à la construction des ponts; et je ne suis pas médiocrement confirmé dans mon opinion quand je vois dans la communication faite en 1882 à l'Association anglaise pour l'avancement de la science par M. Baker, l'un des ingénieurs du pont gigantesque en acier qui va être élevé sur l'embouchure du Forth et qui doit franchir deux ouvertures de 520 mètres, que ce sont précisément là les conditions fixées pour la réception des matériaux de cet ouvrage sans précédent. Les pièces travaillant à la traction doivent en effet pouvoir supporter avant de rompre une charge de 30 à 33 tonnes par pouce carré, c'est-à-dire de 47 à 52 kilogrammes par millimètre carré, avec un allongement de 20 pour 100 sur une longueur de 8 pouces ou 20 centimètres. La communication de M. Baker ne fait pas mention de la limite d'élasticité. Mais il est heureux que les expériences du Creusot nous fassent connaître celle qui correspond à la charge de rupture et à l'allongement de rupture dont il s'agit. Car je n'imagine pas sur quelles considérations rationnelles l'ingénieur peut s'appuyer pour fixer le coefficient de travail du métal qu'il emploie, quand il n'en connaît pas la limite d'élasticité.

Et à ce propos, je suis obligé d'aborder le terrain sur lequel s'est placé dans la dernière séance mon camarade M. Seyrig, qui a exposé à la Société une loi déterminée par des savants suédois, MM. Thalèn, Cronstrand et Knut Styffe, d'après lesquels il existerait une relation entre le coefficient de rupture et la limite d'élasticité. Pour le fer, le rapport de ces deux nombres serait compris entre 1.5 et 1.8, la moyenne étant d'environ 1.7. Pour des aciers de qualités très diverses on aurait trouvé 1.6 à 2. D'autres expériences plus récentes, faites avec le plus grand soin sur des aciers provenant des usines de la Société autrichienne des chemins de fer de l'État, donneraient un rapport variant de 2.2 à 2.6.

On peut déjà observer que voilà une loi bien vague et bien élastique, puisque pour l'acier le rapport annoncé peut varier de 1.6 à 2.6. Mais il y a plus : l'énoncé de cette relation paraît impliquer qu'à un coefficient de rupture supérieur corresponde nécessairement une limite d'élasticité plus élevée. Eh bien, c'est ce que contredisent les résultats d'expériences bien connues. M. Bornet, dans une expérience sur une barre de fer au bois pour câbles, provenant des forges de Guérigny, a trouvé une limite

d'élasticité de 16 kilogrammes pour une charge de rupture de 32 kilogrammes. M. Hodgkinson, dans une expérience sur une tige de fer de la meilleure qualité, a trouvé 15 kilogrammes pour limite d'élasticité et 37^{k},45, pour charge de rupture. Ces deux expériences, qui sont rapportées dans le Traité de la résistance des matériaux du général Morin, sont en désaccord avec la loi annoncée.

Si maintenant l'on prend les expériences exécutées par M. Tresca sur des échantillons de tôle d'acier fondu fournis par MM. Petin et Gaudet, dont les résultats se trouvent dans les *Annales des mines* de 1861, on voit que, pour un acier rompant sous une charge de 48^{k},73, la limite d'élasticité a été de 24^{k},77, tandis que pour un acier rompant sous une charge de 60^{k},96, la limite d'élasticité n'a été que de 24 kilogrammes. Enfin si l'on examine l'extrait d'une classification des aciers du Creusot qui se trouve dans la publication de M. Barba, on voit une limite d'élasticité de 22^{k},5 correspondre à un coefficient de rupture de 45 kilogrammes, une limite d'élasticité de 23^{k},6 correspondre à un coefficient de rupture de 41^{k},3 et une limite d'élasticité de 24^{k},4 correspondre à un coefficient de rupture de 39^{k},3. Dans ce dernier exemple, la limite d'élasticité augmente quand le coefficient de rupture diminue.

Cependant M. Seyrig n'a pas craint de s'appuyer sur les résultats relatés par M. Knut Styffe pour en déduire la valeur de la limite d'élasticité d'un fer quelconque sans avoir recours à l'expérience directe. Il fixe à 17^{k},5 ou 18 kilogrammes la limite d'élasticité du fer employé jusqu'à il y a peu d'années à la construction des ponts, qui d'après lui ne résistait qu'à 30 ou 32 kilogrammes, chiffre plus que contestable. Comme il prétend qu'on emploie aujourd'hui un fer plus résistant, qui ne rompt qu'à 36 kilogrammes, il se trouverait conduit, pour rester fidèle à la loi de M. Knut Styffe, à fixer la limite d'élasticité du fer actuel aux environs de 20 kilogrammes. Néanmoins il préfère s'en tenir au chiffre de 18 kilogrammes, sans expliquer pourquoi.

M. Seyrig invoque, à l'appui de sa détermination réellement hardie de la limite d'élasticité du fer, l'autorité d'Hodgkinson qui indiquait, dit-il, 15 kilogrammes comme point où commenceraient les allongements permanents, mais surtout 18^{k},7. Cette citation est aussi élastique que la loi de M. Knut Styffe. Mais le général Morin rapporte dans son Traité de la résistance des matériaux tous les détails de l'expérience d'Hodgkinson que j'ai citée plus haut, et l'on y voit que l'allongement permanent, qui n'était que de $0^{millim.}$,0068 sous la charge de 13^{k},12 par millimètre carré, et de 0^{millim},01 sous la charge de 15 kilogrammes, atteint $0^{millim.}$,033 sous la charge de 16^{k},87 et $0^{millim.}$,083 sous celle de 18^{k},75. C'est donc bien à partir de 15 kilogr. que les allongements permanents deviennent sensibles et c'est par conséquent 15 kilogrammes qui est la limite d'élasticité résultant de l'expérience d'Hodgkinson.

Naturellement M. Seyrig applique à la détermination de la limite d'élasticité de l'acier la méthode qui lui a servi à calculer celle du fer; il trouve

que, pour des aciers dont le coefficient de rupture varie de 42 à 48 kilogrammes, la limite d'élasticité *doit* être comprise entre 18 et 20 kilogrammes, c'est-à-dire qu'elle est à peu de chose près égale à celle du fer, d'où M. Seyrig conclut, que si l'on se base sur la limite d'élasticité, on doit faire travailler le fer et l'acier au même coefficient.

Je crois que ces assertions sont suffisamment réfutées par les résultats des nombreuses expériences du Creusot que rapporte M. Barba et que j'ai déjà eu l'occasion de citer. Quant à moi, je puis dire que ce qui, dès 1863, a éveillé mon attention sur les avantages considérables de l'emploi de l'acier dans la construction des ponts, c'est la valeur élevée que sa limite d'élasticité est susceptible d'atteindre et qu'ont révélée les expériences de M. Tresca. Depuis cette époque la fabrication de l'acier a réalisé des progrès décisifs; la limite d'élasticité s'est encore accrue en même temps que l'allongement de rupture; et l'on sait produire aujourd'hui des aciers suffisamment doux pour la construction des ponts, dont la limite d'élasticité atteint et dépasse 30 kilogrammes.

Si donc on part de ce principe, que l'on adoptera pour le fer et l'acier le même rapport entre la limite d'élasticité et le coefficient de travail, et que l'on décide d'employer la qualité d'acier définie par un coefficient de rupture de 48 kilogrammes, un allongement de rupture de 22 pour 100 sur une longueur de $0^m,20$ et une limite d'élasticité de 30 kilogrammes, qualité qui est à peu près celle à laquelle se sont arrêtés les ingénieurs du pont du Forth; comme le coefficient de travail de 6 kilogrammes est presque universellement adopté pour le fer et constitue en France une base invariable, du moins dans les règlements administratifs; comme, d'après toutes les expériences connues, la limite d'élasticité du fer est comprise entre 14 et 16 kilogrammes, si l'on fait abstraction de certains fers exceptionnels que leur prix élevé n'a jamais permis d'employer dans les constructions, et aussi de certains fers aigres et cassants, ne possédant qu'un allongement de rupture extrêmement faible, qu'il convient de rejeter, on est conduit à fixer à 12 kilogrammes par millimètre carré le coefficient de travail de l'acier dans les ponts.

Ce serait là un coefficient de travail très modéré et qui offrirait une plus grande sécurité que le coefficient de 6 kilogrammes dans le cas du fer. En effet, comme le disait tout à l'heure mon ami M. Jordan, l'acier est supérieur au fer sous le rapport de l'homogénéité, sa résistance est à peu près la même dans les deux sens, il est exempt, par sa nature même de métal fondu, de nombreux défauts que le fer présente communément, et l'on pourrait par conséquent lui appliquer un coefficient de travail se rapprochant davantage que celui du fer de la limite d'élasticité. Le coefficient de travail de 12 kilogrammes offre donc toute garantie. Il est remarquable que ce chiffre soit précisément celui auquel on s'est arrêté en Angleterre pour le pont du Forth. D'après les règles du « board of trade, » l'acier ne doit supporter qu'un effort de 6 ^{tonnes}, 5 par pouce carré de section. Cepen-

soit peu important par rapport au poids des poutres principales. C'est ce qui a lieu pour les portées de 100 mètres et au-dessus. Quoique j'admette pour R′ une valeur double de celle de R, cependant je ne donnerai dans la formule au rapport $\frac{R'}{R}$ que la valeur $\frac{3}{2}$, afin de tenir compte de ce que, pour certaines pièces, l'emploi de l'acier ne permettra pas de diminuer la section proportionnellement à l'augmentation du coefficient de travail.

Si l'on fait dans la formule $m = 0.4$, ce qui correspond aux conditions du pont Britannia qui pèse, comme on sait, 10 tonnes par mètre courant, pour une voie de chemin de fer, ou du viaduc du Garabit pour lequel M. Eiffel a indiqué le même poids, on trouve $\frac{p}{p'} = 2.75$; et je crois que l'on est à peu près dans le vrai en prenant 2.5 pour valeur du rapport $\frac{p}{p'}$, afin de tenir compte du tablier et du contreventement sur lesquels il n'est pas possible de réaliser une économie sensible.

Si l'on fait dans la formule $m = 0.66$, ce qui correspond aux conditions du pont de Saltash qui pèse environ 6 tonnes par mètre courant pour une voie de chemin de fer, on trouve $\frac{p}{p'} = 2.26$, valeur que je crois devoir réduire à 2 pour les motifs que j'ai indiqués tout à l'heure.

Si l'on fait $m = 1$, ce qui correspond au cas d'un pont de chemin de fer d'environ 100 mètres de portée, on trouve $\frac{p}{p'} = 2$, et l'on peut adopter 1.75 pour valeur de ce rapport.

Enfin, si l'on fait $m = 2$, ce qui correspond au cas d'un pont de chemin de fer d'environ 50 mètres de portée, on trouve $\frac{p}{p'} = 1.75$, valeur que l'on peut réduire à 1.45.

On voit donc qu'à partir d'une portée de 50 mètres, l'emploi de l'acier procure une diminution de poids importante, diminution qui devient extrêmement considérable lorsque l'ouverture atteint 150 mètres.

Cherchons maintenant à nous rendre compte de l'économie en argent. Soient D la dépense dans le cas de l'emploi du fer et D′ la dépense dans le cas de l'emploi de l'acier. J'admets, qu'à poids égal, la dépense pour la construction en acier sera à la dépense pour la construction en fer dans le rapport de 5 à 4; ce qui correspond, je crois, aux conditions que l'on pourrait réaliser dès à présent. On a alors :

$$\frac{D}{D'} = \frac{4}{5} \times \frac{p}{p'};$$

et en donnant successivement à $\frac{p}{p'}$ les valeurs 2.75, 2.26, 2, et 1.75, on

trouve pour $\frac{D}{D'}$ les valeurs 2.2, 1.8, 1.6, 1.4, si l'on se borne à considérer les fermes ou les poutres principales ; pour l'ensemble du pont, les valeurs de $\frac{D}{D'}$ sont respectivement : 2, 1.7, 1.5 et 1.25. Ainsi, pour le viaduc du Garabit, on eût pu économiser la moitié de la dépense en employant l'acier. Pour un pont de chemin de fer d'une centaine de mètres d'ouverture, on réaliserait une économie d'un tiers. Pour un pont de 50 mètres, l'économie serait encore de 25 pour 100, ce qui n'est pas à dédaigner.

Mais il y a des cas dans lesquels l'emploi de l'acier n'est pas seulement une question d'économie, mais une question de possibilité d'exécution. Tel est le cas du pont du Forth, ainsi que je vais le démontrer.

Nous savons, par la communication de M. Baker à la Société Anglaise pour l'avancement de la science, que le poids de l'acier employé pour franchir une portée de 520 mètres sera d'environ 10,000 tonnes, ce qui donne 20,000 kilogrammes par mètre courant de pont à deux voies. Ici, nous ne connaissons plus le rapport du poids de la surcharge au poids du fer qu'il serait nécessaire d'employer. Mais nous connaissons le rapport du poids de cette surcharge au poids de l'acier, rapport que j'appellerai m' et qui est égal à 0.4 pour le pont du Forth. Par un calcul identique à celui que j'ai exposé plus haut, on trouve :

$$\frac{p'}{p} = \frac{1+m'}{m'}\left(\frac{R}{R'} - \frac{1}{1+m'}\right).$$

Si l'on fait $m' = 0.4$, la fraction $\frac{1}{1+m'}$ a pour valeur 0.7. Donc, pour une valeur de $\frac{R}{R'}$ égale à 0.7, la valeur de p devient infinie ; ce qui signifie qu'avec un métal dont le coefficient de travail ne pourrait pas dépasser 12 kil. $\times$ 0.7, ou $8^k,4$, il ne serait pas possible de franchir une portée de 520 mètres, du moins en conservant l'épure des fermes qui ont une hauteur de 90 mètres, bien difficile à dépasser. Plus on augmenterait la section du métal, plus l'effort engendré par le poids propre de la construction dépasserait la résistance. Comme, pour un ouvrage aussi considérable que le pont du Forth, il est facile de proportionner toutes les pièces de façon à les faire travailler au coefficient adopté de 12 kilogrammes par millimètre carré, on voit que sa construction serait impossible avec un métal tel que le fer dont le coefficient de travail ne pourrait pas dépasser 6 à 8 kilogrammes. L'emploi de l'acier au pont du Forth n'a donc pas été seulement une source d'économie, mais une nécessité absolue ; et il est facile de se rendre compte que si l'on eût adopté un coefficient de travail sensiblement inférieur à 12 kilogrammes, la dépense fût devenue excessive et eût probablement été pour l'entreprise une cause d'avortement. J'avais donc raison de dire en commençant que l'application de l'acier à la construction des ponts ne pouvait avoir d'intérêt qu'à condition que le métal employé

possédât une limite d'élasticité élevée, justifiant un coefficient de travail élevé.

Qu'il me soit permis, en terminant, de lire l'extrait suivant d'une lettre que j'adressais en 1863 au Président de cette Société. « Je suppose, » disais-je, « que l'on ait à franchir, au moment actuel, une large rivière ou « un bras de mer au moyen de travées d'une portée inusitée. Sur quelle « matière devra s'arrêter le choix de l'ingénieur? S'il emploie des tôles « de fer, travaillant au coefficient ordinaire de 6 kilog., il sera séparé de « la limite d'élasticité statique par un intervalle de 10 kilog. et de la limite « d'élasticité dynamique par un intervalle de 5/1000 de kilogrammètre. « Avec des tôles d'acier travaillant à 15 kilog., il restera à la même « distance de la limite d'élasticité statique, et sera éloigné de 1/100 de kilo-« grammètre de la limite d'élasticité dynamique. Comme le poids d'une « construction n'est pas tout à fait proportionnel au coefficient de travail, « on peut admettre que la quantité de métal sera réduite seulement « comme si le rapport des coefficients était égal à 2. Mais il n'en résulte « pas que la dépense soit accrue si le prix de l'acier dépasse le double « de celui du fer. Dans le cas d'un ouvrage très considérable, le prix « d'achat de la matière brute n'est guère que le tiers de la dépense, qui « est toutefois sensiblement proportionnelle à la quantité de matière em-« ployée. De plus, le poids propre d'une pareille construction entre pour « environ les deux tiers dans la charge totale. Donc, en appelant x le « prix d'achat du fer, y le prix qu'il est possible de payer pour l'acier, « sans que la dépense soit augmentée dans les conditions énoncées plus « haut, remarquant que dans les conditions spécifiées le rapport des poids « des constructions en acier et en fer doit être égal à $\frac{1}{4}$, on a l'équation

$$\frac{1}{4}(2x + y) = 3x;$$

« d'où l'on déduit : $y = 10x$.

« Ainsi le prix de l'acier étant 10 fois celui du fer, il y aurait intérêt à « employer le premier au point de vue technique.

« Si l'on dirige ses regards sur la construction des navires, on découvre « dans l'emploi de l'acier des avantages bien plus grands encore. Il four-« nit la solution de problèmes que le fer ne permet pas d'aborder. La « grande question à l'ordre du jour dans la marine militaire, c'est la cons-« truction de navires cuirassés de petites dimensions, susceptibles de bien « tenir la mer. On sait faire des frégates cuirassées, plus grandes du reste « que les anciens vaisseaux de ligne; mais on échoue pour les corvettes « et les avisos. Pourquoi? C'est que la coque pèse trop lourd. Avec l'em-« ploi de l'acier la difficulté est vaincue.

« En se plaçant au point de vue des aspirations du génie civil, quels « perfectionnements l'acier ne permettrait-il pas d'apporter à un nouveau

« *Great Eastern!* Quelle augmentation de vitesse, quelle économie de « premier établissement et surtout de combustible! Quel accroissement « de la distance que ces géants flottants peuvent franchir d'une seule « haleine!

« Le salut d'un navire dépend souvent de la solidité des câbles qui le « retiennent à ses ancres. Puisque l'on sait fabriquer dès à présent une « qualité d'acier ne rompant que sous un effort statique égal à une fois et « demie l'effort de rupture du fer et prenant, avant de rompre, un allon- « gement qui est également une fois et demie celui du fer doux, cet acier « est la matière qui convient le mieux pour les chaînes-câbles. On con- « servera la même résistance vive de rupture, tout en réduisant leur poids « et par conséquent l'effort auquel elles sont soumises. On aura donc à la « fois une dépense moindre et plus de garantie.

« Les câbles en fil de fer tendent à devenir d'un usage général pour le « gréement. L'emploi de l'acier permettra d'en diminuer le poids et, si l'on « se borne aux considérations techniques, d'augmenter ainsi la stabilité « du vaisseau.

« S'agit-il de l'art des mines, la profondeur à laquelle il est possible « d'exploiter avec le système ordinaire se trouve tout d'un coup doublée. « Avec des câbles en acier à âme en chanvre, on pourrait extraire la houille « à 16 ou 1800 mètres au-dessous du niveau du sol; et qui sait si un jour « nous ne serons pas contraints de l'y aller chercher.

« Je n'insiste pas sur les applications au matériel des chemins de fer. Les « avantages en sont sentis par tout le monde, et la diminution considérable « qui ne peut manquer de se produire prochainement dans le prix de l'acier « en rendra l'usage général par suite de la sécurité résultant de son emploi.

« On le voit, il existe peu de branches du domaine de l'ingénieur dont « l'emploi de l'acier n'agrandisse l'horizon. Tous doivent, par conséquent, « désirer que le moment de la réalisation soit le plus prochain possible. »

J'ai eu, Messieurs, la satisfaction de voir mes prévisions se réaliser sur un grand nombre de points. L'acier a même triomphé sur des terrains où son succès paraissait douteux : les canons et les cuirasses des navires de guerre. En ce qui concerne les ponts, question à laquelle m'attachent plus particulièrement les études et les travaux de toute ma carrière, après de longues hésitations des applications colossales viennent d'être tentées. Mais hélas! ce n'est pas la France qui est le théâtre de ces hardis efforts, quoique les idées y soient nées, quoique ce soit chez elle que la fabrication et le travail de l'acier aient reçu les perfectionnements qui en rendent aujourd'hui l'emploi sûr et facile, quoique notre marine nationale ait montré et aplani le chemin aux ingénieurs civils. Puisse cette discussion contribuer à faire entrer notre pays en possession d'un progrès qui lui appartient à tant de titres.

M. Seyrig. Je demande à faire des réserves très expresses au sujet de la limite d'élasticité et des qualités du fer que M. Dallot vient de dévelop-

per. Ce qu'il a cité, à l'appui de son dire, que je ne considère pas comme prouvé, ce sont des expériences limitées à un très petit nombre, une ou deux, entre autres celles de MM. Bornet et Hodgkinson qui remontent à cinquante ans, peut-être davantage. Nous avons aujourd'hui des expériences plus sérieuses et faites avec une précision qu'il était impossible d'atteindre autrefois. Je crois que la théorie nouvelle sur la limite d'élasticité et la résistance des métaux doit mettre à l'écart celles qui avaient cours autrefois, et dont la condamnation ou la modification a été faite par leurs auteurs eux-mêmes. J'ai cité à ce sujet, un passage de Poncelet, qu'on trouvera au procès-verbal.

MM. Bouhon, Lambert ont été reçus membres sociétaires, et M. Merlot membre associé.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

PAQUEBOT *LA NORMANDIE*

ANALYSE DU FONCTIONNEMENT DES MACHINES

PAR M. A. QUÉRUEL.

EXPOSÉ

La Compagnie Générale Transatlantique a eu la courtoisie l'année dernière, d'inviter la Société des Ingénieurs civils à visiter le plus grand paquebot de sa flotte « la Normandie.» Ce paquebot, récemment arrivé d'Angleterre où il avait été construit, était en cours d'achèvement dans le port du Havre.

Aux membres qui se sont rendus à cette invitation, les communications les plus intéressantes ont été faites : la question maritime, le port du Havre, sa distribution et ses accès ont été traités par M. Vial agent maritime, de la Compagnie Générale Transatlantique. L'éclairage électrique du paquebot a été décrit par notre collègue M. Boistel. Enfin la description générale du paquebot, les détails de sa construction, ses aménagements, ses machines et chaudières ont été donnés par M. Audenet, ingénieur en chef de la Compagnie, également notre collègue, qui, empêché en la circonstance, a été suppléé par M. Macquin ingénieur de la Compagnie. M. Macquin a été chargé spécialement de suivre la construction du paquebot et son armement.

Ces conférences ont eu un certain retentissement. A leur suite et dans plusieurs de nos séances, on s'est ému de l'état de délaissement dans lequel la Société des Ingénieurs civils a trouvé le port du Havre, la morne inactivité qui règne sur ses anciens quais, l'état stationnaire de son tonnage ; lorsque au contraire, Anvers, Brême, Hambourg, Gênes et tant d'autres ports étrangers gagnent en importance et en activité. On a été d'accord qu'une des causes principales de cet amoin-

drissement du port maritime du Havre tenait à l'absence d'un outillage perfectionné rapide et économique dans son usage, pour opérer la manutention générale du port; alors que les ports qui viennent d'être cités, en sont largement pourvus.

Si ces diverses questions, venues à propos de la visite du paquebot «la Normandie,» ont été mises en discussion, ne serait-ce pas mal répondre aux prévenances de la Compagnie Générale Transatlantique que de laisser sans réponse, sans écho aucun, les communications si intéressantes qui nous ont été faites. Serait-il séant que la Société des Ingénieurs civils ne se montrât qu'au titre d'auditeur, en enregistrant dans son Bulletin, simplement et sans commentaires, ce qui lui a été communiqué? Je ne le pense pas. Si je prends la parole, en cette circonstance, c'est moins à titre de critique que pour rendre justice aux efforts constants que fait la Compagnie pour tenir dignement son rang parmi ses rivales; et peut-être aussi pour provoquer une discussion, évoquer des avis qui puissent être utiles pour tous et fructueux pour la Compagnie.

La complexité du sujet est telle, que pour le traiter dans son ensemble, l'examen d'un paquebot transatlantique nécessiterait une série de communications et un grand nombre de séances. Il serait difficile d'ailleurs à la plupart d'entre nous, Parisiens, d'en lier toutes les parties et de les traiter à fond. Il convenait alors de restreindre le sujet, et pour ma part, l'abandon que j'ai fait des études d'ensemble de la partie technique maritime ne me permettraient pas aujourd'hui d'aller au delà de l'appareil moteur et propulseur. Cette communication se bornera donc à l'analyse du fonctionnement interne des machines.

Mais avant d'aborder le sujet, permettez-moi de rappeler en quelques mots, les traits principaux des progrès accomplis dans les machines marines depuis trente années.

Beaucoup d'entre nous, se souviennent encore de l'espèce de préjugé qui régnait en 1854 parmi les constructeurs et les ingénieurs de la marine. On considérait à cette époque comme une chimère irréalisable l'adoption de grandes pressions et de grandes détentes dans les machines marines. Les ouvrages techniques d'alors, le professorat au génie maritime de l'État affirmaient que pour des causes de poids et d'encombrement, les machines marines étaient fatalement condamnées à la basse pression et au fonctionnement sans détente. « Les pressions élevées, » disait on, « nécessiteront le renforcement des chaudières et

en augmenteront le poids; la grande détente exigera de grands cylindres, dont l'encombrement et le poids ne seront pas compensés par les avantages économiques qu'on en pourra tirer. » Enfin l'emploi économique de la vapeur était, à ce moment, si peu en faveur dans la marine, que dans le service de l'État on se servait couramment d'une formule qui consiste à calculer la vitesse d'un navire par le nombre de foyers allumés [1].

Tel était donc l'état de la question en 1854; cet état a persisté jusqu'en 1861. Et cependant, dès l'année 1856, un steamer français relativement petit, 270 tonneaux de jauge et 200 chevaux indiqués, traversait l'océan; au retour, il faisait en service régulier, le grand cabotage européen, fonctionnant à 6 atmosphères de pression, cinq volumes de détente en monocylindres, avec condenseur combiné à surface et monohydrique, alimentation à l'eau distillée et appareil extracteur de graisses [2].

La consommation de ce steamer était de six tonnes de houille par 24 heures : soit 250 kil. à l'heure, et 1 k. 25 de charbon par cheval indiqué. C'est beaucoup aujourd'hui, c'était cependant une réduction de moitié sur les consommations ordinaires de l'époque.

Quelques années plus tard, en 1860 et à peu près simultanément; en France, MM. Verrier et Benjamin Normand; en Angleterre, M. John Elder appliquaient à la navigation le système de fonctionnement dans deux cylindres successifs; dont les mouvements des pistons étaient à manivelles croisées; c'est ainsi qu'on les désignait à l'origine. L'expression Compound n'ayant pas encore fait son apparition. M. Verrier, disait dans le mémoire descriptif de son brevet de 1860 :

« Fonctionnement des machines marines à 11 atmosphères de pression. Admission dans le petit cylindre à 0, 25 de la course du piston, transvasement par un récipient intermédiaire chauffé, et également admission de 0, 25 dans le grand cylindre. Le rapport entre les volumes des cylindres $\frac{4}{1}$; soit en finale 16 volumes brut de détente. »

Il était impossible de poser d'emblée des conditions de fonctionnement plus satisfaisantes : et, en cela, M. Verrier dans ses conceptions et M. Benjamin Normand, notre collègue, dans les applications qu'il

1. *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, année 1881, séance du 22 avril.
2. Steamer *Jean-Baptiste* construit à Billancourt (Seine) par l'auteur de la communication.

faisait de ce système, se sont montrés supérieurs aux Anglais qui n'ont abordé le problème que par de timides développements de pression et de détente.

Quoi qu'il en soit, l'impulsion était donnée; on reconnaissait la série d'avantages qui découlait de la haute pression aux chaudières, de la grande détente en cylindres successifs, de la condensation par surface et de l'emploi de l'eau distillée dans les chaudières.

La machine marine était en progrès.

Ainsi donc, d'une consommation moyenne de 2 k. 500 de houille par cheval et par heure, cette consommation, en 1856, descend d'un trait à 1 k. 250, à bord du steamer « Jean-Baptiste. » Cette dernière cote est suivie par MM. Normand et Verrier en 1861; pour se réduire peu à peu à mesure que les machines deviennent plus puissantes et plus perfectionnées. La cote de fonctionnement des machines de la « Normandie » a été de 0, k. 776 de houille de Nixon premier choix.

DESCRIPTION.

Le travail que je vais avoir l'honneur de vous présenter n'a pu être fait qu'au moyen de courbes d'indicateur relevées sur les machines. La Compagnie Générale Transatlantique et particulièrement M. Audenet ont bien voulu mettre un certain nombre de ces courbes à ma disposition. Je suis heureux aujourd'hui de leur en témoigner ma reconnaissance et leur présenter tous mes remerciements.

Chaudières et machines.

Les chaudières de la « Normandie » sont au nombre de six; leur forme est cylindrique ; le diamètre est de 4^m, 19, leur longueur, 5^m, 64.

Nombre de foyers.	36,
Surface totale des grilles.	72^m, 00
Surface de chauffe.	1828^{m^2},00
Timbre..	6^k, 00

L'hélice est à 4 ailes, son diamètre est de 6^m,70, son pas est constant à 9^m,43.

L'hélice est actionnée par trois machines distinctes placées en ligne

d'axe du paquebot. Les machines sont liées entre elles par chacun leur arbre dont les extrémités présentent des plateaux de raccordement. La partie centrale de ces trois arbres est un coude-manivelle.

La disposition générale des machines est celle que l'on désigne sous le nom de *Pilon;* le fonctionnement est, à deux cylindres, système Woolf.

En vue de la simplification du mécanisme, la Compagnie Générale Transatlantique a adopté le principe de la superposition des cylindres, le petit sur le grand; disposition qui permet de lier les deux pistons par une même tige et de n'exiger qu'une bielle et un coude manivelle par machine.

Les tiroirs sont également sur une même tige, qui, au moyen de la coulisse Stéphenson, articule tour à tour avec l'excentrique avant, ou avec l'excentrique arrière. Le tiroir du petit cylindre est à simple orifice; il est muni d'une détente Mayer. Le tiroir du grand cylindre est à admission fixe : 0 course, 75 environ, il présente double orifices.

Le transvasement se produit par cylindrées concordantes; le haut du petit cylindre transvase dans le bas du grand cylindre et réciproquement le bas du petit cylindre dans le haut du grand.

Le grand cylindre seul a une chemise complète de vapeur; le petit cylindre n'a que les fonds chauffés; sa partie cylindrique n'est pas chemisée. Enfin, la canalisation intermédiaire aux deux cylindres, d'un volume important n'est pas enveloppée.

L'ensemble de ce groupe de machines est d'un aspect imposant : la structure résistante des bâtis tubulaires arqués dans les deux sens, la solidarité des machines entre elles et avec la coque, les arbres coudés, les bielles, les tiges des pistons, les mouvements d'excentriques, enfin les moyens de démarrage et de renversement de la marche, sont dans les conditions les plus robustes et les plus parfaites d'étude et d'exécution.

L'analyse du fonctionnement interne porte sur 24 courbes d'indicateur : 12 de ces diagrammes représentent les 12 cylindrées d'un tour de manivelles pendant les essais du 21 février 1883; les 12 autres diagrammes représentent un tour de manivelles pendant le service courant du 10 juin 1883.

Avant d'aborder l'analyse de ces diagrammes, il convient que les bases des calculs soient posées et nettement définies.

Mais alors il est indispensable que je rappelle ici que, dans le cours de l'année 1878, j'ai eu l'honneur de présenter à la Société une nou-

velle méthode pour l'analyse du diagramme de la machine à vapeur.

On sait que si la loi de Mariotte est sensiblement exacte pour les gaz dits permanents, elle en diffère notablement à l'égard des gaz en température voisine de leur condensation. Cette dissemblance tient à l'addition de chaleur qui est nécessaire pour s'opposer au rapprochement des molécules du liquide passé à l'état de vapeur, c'est-à-dire de se condenser en partie lorsque la pression s'accroît. De là accroissement du volume dans la proportion de l'addition de la chaleur supplémentaire; la chaleur étant la source du volume des gaz.

Dans mon système je définis ainsi la vapeur d'eau : un kilogramme de vapeur d'eau à 1 atmosphère se compose de 1 décimètre cube d'eau + 1649^{ds} de chaleur.

Ainsi donc la loi de Mariotte n'est pas applicable à la vapeur d'eau; et tous les formulaires, toutes les tables qui ont été calculées d'après cette loi, et qui sont encore la règle patronnée et suivie par nombre d'ingénieurs, sont des guides fautifs, donnant des mesures inexactes. Alors je me suis appliqué à redresser ces formulaires, à substituer aux anciennes tables hyperboliques, des tables conformes aux faits observés donnant aussi exactement que possible les densités et les volumes de la vapeur d'eau sous diverses pressions.

J'ai donc établi des tables qui donnent, par décagrammes de pression, les volumes réels qui appartiennent à la vapeur, l'expression qui en est résulté est :

$$p = P\left(\frac{v}{V}\right)^{1,06}$$

La densité a été également établie par décagrammes.

Ces échelles, assez étendues, ont été dressées en valeurs décimales, au lieu d'atmosphères; afin qu'elles soient directement en rapport avec les indicateurs tarés en kilogrammes [1].

Enfin toutes valeurs, pressions ou densités, sont toujours comptées à partir du zéro absolu.

DISPOSITIF DES CYLINDRES.

J'ai dit, dans les préliminaires, que le système bien caractérisé des machines de la « Normandie » est le fonctionnement de la vapeur dans

1. Méthode de calcul applicable aux diagrammes des machines à vapeur, publiée par Dejey et Cie, à Paris.

deux cylindres successifs et par cylindrées concordantes ; c'est-à-dire le système Woolf.

Je dois rappeler également que les tiroirs des deux machines sont solidaires dans leur mouvement, et que le tiroir du petit cylindre seul est muni d'une détente Mayer.

Le rapport de la section des orifices de distribution avec la section des pistons est :

Petit cylindre. . . . . $\frac{1}{10}$

Grand cylindre. . . . . $\frac{1}{13}$

Proportions excellentes pour faire face à la vitesse des pistons qui est de $3^m,40$ par seconde.

Mais il est difficile de tout concilier, et les avantages que l'on tire de la simplification que présente la superposition des cylindres, système dont moi-même j'ai été très partisan, se trouvent très diminués par les difficultés d'accès et de démontage du grand piston et principalement par le dispositif du fonctionnement de la vapeur dans le jeu des cylindres, comme nous le verrons par l'analyse.

Données nécessaires pour le calcul des courbes.

DÉSIGNATION	SIGNES			PETIT CYLINDRE		GRAND CYLINDRE	
		Petit cylindre	Grand cylindre	NOMBRES	NOMBRES proportionnels	NOMBRES	NOMBRES proportionnels
Courses des pistons........				1,700		1,700	
Diamètre des pistons......				0,900		1,900	
— des tiges........				0,124		0,254	
Section effective des pistons.	haut			0^{m2},636172		2^{m2},823218	
» »	bas			0 ,624096		2 ,784624	
Section des tiges..........				0 ,012076		0 ,050670	
Espaces nuisibles. Cylindres.	haut	ε	Σ	0^{m3},096820	0,0895	0^{m3},343546	0,07158
» »	bas	ε_1		0 ,109710	0,1034	0 ,339265	0,07166
Espaces nuisibles avec tiroir	haut	ε	Σ	0 ,125290	0,1158		
» »	bas	ε_1	Σ_1	0 ,138180	0,1301		
Espace neutre intermédiaire.				1^{m3},628672			
Cubes engendrés..........	haut	v	V	1 ,081500		4^{m3},800000	
» »	bas	v_1	V_1	1 ,061000		4 ,734000	
Cubes d'éduction	haut	$v + \varepsilon$	$V + \Sigma_0$	1 ,178320		5 .143000	
» »	bas	$v_1 + \varepsilon_1$	$V_1 + \Sigma_1$	1 ,170710		5 ,073000	
Rapport entre les cylindres .	haut	$\frac{V}{v}$			4,438		
» »	bas	$\frac{V_1}{v_1}$			4,462		

Essai du 21 février 1883.

La question économique a été écartée pendant l'essai. Il s'agissait d'éprouver l'appareil propulseur et de connaître la vitesse maxima qu'il était en état de soutenir sans être extrasurmené.

La vitesse maxima, sur base mesurée, a été de 17 milles 1/4 ; et dans un trajet de 6 heures, 16 milles 1/2.

En conséquence, ce n'est qu'à titre de renseignement général et non comme fonctionnement normal que je cite les résultats économiques tirés du calcul des 12 diagrammes représentant un tour de manivelle de l'arbre.

Légende des diagrammes.	Chaudières.	Machines.
Pression absolue.	6^k,933	6,783
Registre de vapeur en grand.		1,000
Admissions		0,700
Vide au condenseur (mercure)	0^m,68	
Nombre de révolutions à la minute.		60,000

Résultat du fonctionnement.

Puissance indiquée	6,448 ch^x 70
Vapeur sensible par heure.	56,785^k
Poids de l'eau d'alimentation	61,327^k
Vapeur sensible par cheval et par heure.	8^k,805
Eau d'alimentation —	9^k,509

Dans ces valeurs l'eau entraînée est estimée à 8 pour 100.

La première partie du tableau n° 1 donne le résumé du fonctionnement pendant l'essai.

Service courant pendant le cours du premier trajet du Havre à New-York, le 10 juin 1883.

Une deuxième série de 12 diagrammes représente également les 12 cylindrées d'un tour de manivelle de l'arbre.

Le fonctionnement en service courant est nécessairement celui qui doit fixer toute notre attention, et afin d'en suivre l'analyse avec plus de facilité, j'ai résumé les six cylindrées initiales en un diagramme moyen et pareillement les six cylindrées finales. (Pl. 78, fig. 1 et 2.)

Légende d'observations.	Chaudières.	Machines.
Pressions absolues	6^{k}933	6,883
Ouverture du registre.		0,10
Admissions		0,60
Vide au condenseur (centimètres)		0,66
Nombre de révolutions par minute.		56,20

Analyse du fonctionnement au service courant.

Trois points essentiels sont à considérer dans le diagramme. 1° le cheminement de la courbe périmétrique; 2° le poids de vapeur sensible, ou, en d'autres termes, le volume de chaleur; 3° l'aire du diagramme, base de la puissance.

On ne peut se rendre compte sérieusement du fonctionnement d'une machine qu'en comparant la ligne périmétrique tracée avec la ligne théorique calculée. C'est par cette méthode seule que l'on peut reconnaître ou les qualités ou les défauts du fonctionnement. Le poids de vapeur, après cette première opération, apparaît d'une manière correcte, condition qui n'expose pas à des évaluations erronées. Le calcul de la puissance indiquée est l'opération la plus simple et celle qui est le plus pratiquée. Cette dernière opération peut se faire de deux manières : par l'ordonnée moyenne du diagramme, ou par la différence entre la courbe positive et la courbe négative; ces courbes expriment les pressions de dessus ou de dessous du piston; l'emploi simultané de ces deux modes sert de contrôle.

J'insiste donc sur la nécessité de n'omettre aucune de ces trois opérations, lorsqu'on veut faire une analyse sérieuse.

Les calculs des diagrammes, avons-nous dit, se comptent toujours à partir du vide absolu ou 0 pression; en sorte que, lorsque les manomètres des chaudières indiquent 5^{k},900, on y ajoute la pression atmosphérique, c'est-à-dire 1^{k},033; soit 6,933 de pression absolue; et ainsi pour les calculs. C'est pour ce motif que des lignes spéciales ont été tracées sur les diagrammes originaux; soit au 0^{k}, vide absolu, sur les courbes de basse pression; soit à + 2^{k}, sur les courbes de haute pression. Ces lignes ont servi de base pour mesurer la hauteur des ordonnées.

Dans le diagramme, les espaces nuisibles, ε pour le petit cylindre ou Σ pour le grand, entrent dans le calcul sous la forme graphique.

Il est indispensable d'en bien connaître le volume et la proportion avec la cylindrée engendrée. La valeur proportionnelle de ε haut est 0,1158; celle du bas est 0,1301. Les courses des pistons doivent donc être allongées de ces quantités proportionnelles et divisées en autant de parties que l'on désire d'ordonnées. Mais il faut que le départ de cette base commence à la finale de la course du piston de manière à prolonger la ligne vers l'origine de la course, où se trouve précisément l'espace nuisible considéré.

Les deux séries de diagrammes jointes à ce mémoire sont ainsi divisées, et comme chaque feuillet contient deux diagrammes, il y a deux divisions discordantes entre elles, et de plus une division spéciale pour le calcul de l'aire, division d'origine faite par le personnel de la machine; toutes ces divisions et lignes donnent un air de confusion, qui se dissipe par une lecture attentive.

Petits cylindres.

En examinant la série de courbes du petit cylindre (service courant) et en la comparant avec celle des essais, on remarque que la ligne d'admission de la première série de diagrammes s'infléchit dès le début du départ du piston; c'est-à-dire bien avant la fermeture de l'appareil de détente, tandis que la semblable ligne des diagrammes des essais chemine parallèlement jusqu'à l'étranglement qui précède la fermeture du tiroir de détente. Cet abaissement de pression pendant la période d'admission provient sans doute de la réduction de passage faite par le registre régulateur. Les observations portent, en effet, dans le service courant, le nombre 10 pour l'ouverture du registre, et, dans les essais, ouverture en grand.

L'inflexion intempestive de la courbe d'admission que je viens de caractériser, s'accentue vers la cinquième ordonnée, et elle se relie par une ligne ondulée avec celle résultant de la détente[1].

Il serait donc absolument impossible d'apprécier, ainsi que procède l'École alsacienne, le point précis de fermeture du tiroir de détente et de baser un travail sérieux sur une pareille incertitude.

Il s'agit alors de trouver l'ordonnée majeure, je veux dire l'ordonnée qui indique le maximum de vapeur sensible dans le cylindre après la fermeture de l'admission.

1. La perte de ce chef est de $0^k,228$ sur 0,50 de la course du piston, soit $0^k,114$ en moins sur la pression moyenne.

Or la forme irrégulière des diagrammes nécessite des recherches par voie de tâtonnements. Cette ordonnée étant connue, au moyen des nombres concrets d'un calcul *ad hoc*, on rétablit la pression finale ; cette finale étant insaisissable sur le graphique. (Tableau n° 2, petit cylindre.)

La pression initiale est relevée sur l'ordonnée majeure de la période d'admission. La pression initiale et la pression finale, sont donc connues.

Au moyen de la table de correction de la loi de Mariotte, une simple division $\frac{\text{Initiale}}{\text{Finale}}$ donne un nombre concret, qui, dans la table, indique le nombre de volumes d'expansion. Ces derniers, mis en décimales, donnent l'admission mathématique. (Voir admission tableau n° 2.)

Lorsque l'admission est déterminée, on procède à la vérification de la courbe de détente, dont on connaît le point de départ.

Cette vérification de la courbe se fait par la pression finale, pour cette raison qu'en procédant par la pression initiale, on se trouverait en présence de la variété des admissions, variété qui nécessiterait autant de calculs complets qu'il y a d'ordonnées. Par la finale, au contraire, la division relative des ordonnées demeure constante, quelles que soient les admissions ; un nombre concret par ordonnée suffit pour les calculs.

Le déficit moyen par ordonnée est de $0^k,114$ pour l'admission, et de 0,037 pendant la détente ; c'est le contraire de ce que l'on observe ordinairement [1].

Ici il y a une remarque à faire, c'est le mince déficit pendant la détente, malgré l'absence de chauffage de la partie cylindrique des petits cylindres et l'isolement des conduits d'orifices y attenant. Cet excellent soutien de chaleur tient à la grande masse de vapeur et à son court séjour dans les cylindres.

L'échappement est un peu anticipé ; il se manifeste aux 0,9 de la

(1) *Calorimétrie au point de vue thermodynamique.* La puissance dévéloppée pendant la période de détente dans une cylindrée (petit cylindre) estimée à 200 chevaux, devrait soustraire à raison de $425^k{}_m$ pour 1 calorie $35^{cal},3$
dont l'équivalent en poids de vapeur = $0^k,0545$
et en pression moyenne pendant la détente = $0^k,0927$

Or la chute de pression constatée n'est que $0^k,0370$; c'est-à-dire sensiblement le tiers ($0^k,0927$) de la valeur exigée par la théorie thermodynamique. Et si l'on considère que les cylindres en examen ne sont pas chemisés de vapeur et que nécessairement ces cylindres sont soumis à un certain refroidissement extérieur, le déficit de pression constaté, $0^k,0370$, devient l'équivalent du refroidissement extérieur, et alors ne laisse plus de place à l'équivalent dynamique, qui, dans ce cas, demeure à l'état de fiction.

course du piston. A ce moment la courbe s'infléchit brusquement et indique, à la position finale de la course du piston, $2^k,800$ au lieu de $3^k,409$, pression résultant des calculs.

En ce point, considérons ce qui se passe : depuis les orifices des petits cylindres jusqu'aux orifices des grands cylindres, la canalisation présente un volume Σ de $1^{m3}62867$ dont les parois ne sont pas chemisées de vapeur. Si l'on établit le rapport entre le volume de la canalisation et celui du petit cylindre, on a :

$$\frac{v + \varepsilon + \Sigma}{v + \varepsilon} = 2 \text{ volumes } 375$$

Expression dans laquelle v est le volume engendré, ε les espaces nuisibles, Σ le volume intermédiaire.

De cet état de choses résulte une chute de pression comparable à celle de deux roues hydrauliques en chutes successives, entre lesquelles serait ménagée une chute inutilisée. De plus les parois de la canalisation n'étant pas chemisées, l'échange de chaleur due aux variations de pressions se produit à chaque coup de piston, défaut qui peut être considéré comme un deuxième agrandissement de volume et qui s'ajoute au précédent.

Dans ces conditions, quel est le poids de vapeur sensible qui devrait exister dans Σ, et quel est le poids que constate le graphique?

En relevant le poids de vapeur $q = 0^k,8803$, qui reste dans la cavité intermédiaire Σ, et en y ajoutant celui du petit cylindre Q, $2^k,2000$, on a au total $3^k,0803$ de vapeur, dont la densité est correspondante à la pression de $1^k,947$, pression due au point mort. Or la pression moyenne indiquée ne donne que $1^k,499$; c'est-à-dire 0,7822 du poids total de la vapeur. Donc il y a condensation tant sur les parois que sur les larmes d'eau qui les tapissent ; condensation dont l'importance est de 21,75 de cette vapeur. Et la conséquence est que 21,75 pour 100 doivent s'ajouter à la chute inutilisée.

Transvasement au grand cylindre.

Si l'espace intermédiaire Σ était seul en communication avec le grand cylindre pendant la course du piston, il suffirait de prolonger la base de division des ordonnées, ainsi qu'on le fait pour tout cylindre recevant la vapeur de la chaudière. Mais la réduction du volume

adducteur de la grande cylindrée varie avec le refoulement du petit piston et change de proportions à tous les points de course qu'on veut considérer. Il faut alors dresser une petite table spéciale pour la machine, dont les points à consulter, les ordonnées que l'on veut vérifier trouvent des nombres concrets appropriés, qui simplifient les calculs et les mettent à l'abri d'erreurs.

Conformément à cette nécessité, une table a été dressée d'après la formule.

$$N = \frac{v + \varepsilon + \Sigma + l\,(S-s)}{v + \varepsilon + \Sigma} \qquad (1)$$

Les nombres sont calculés de manière à vérifier chaque dixième de la course des pistons, en laissant néanmoins au graphique la part proportionnelle des espaces nuisibles appartenant au cylindre même. Ainsi établi, la première opération est de se rendre compte des courbes négatives du petit cylindre, et des positives du grand. Mathématiquement ces lignes devraient se confondre, mais il ne peut en être ainsi.

L'écart entre ces deux lignes est presque équidistant; la distance moyenne est de $0^k,30$. Le cheminement de la vapeur, nécessairement tortueux et chicané dans son passage d'un cylindre à l'autre, explique cet écart de pression.

Compression. C'est vers 0,874 de la course du petit piston que se manifeste la courbure de compression. Le piston prend la vapeur à $1^k,197$ de pression et la porte à $2^k,497$. Comme il n'est pas possible de lire sur le graphique le point terminus de l'éduction, ce point $\overset{\text{course}}{0,874}$ a été déterminé par le calcul. Le poids de vapeur ainsi comprimé dans ε est $0^k,2492$. (Tableau n° 4.)

Grand cylindre.

Les espaces nuisibles Σ_0 haut et Σ_1 bas du grand cylindre sont sensiblement égaux entre eux. La moyenne en volume est $0^{m^3}341$ et en proportion 0,0716 du volume engendré. La détente en grand cylindre présente deux phases distinctes. (Voir calculs détaillés, tableau n° 2, grand cylindre.)

(1) N = volumes d'expansion; l = course du piston; S s = aires des pistons.

La première est le transvasement dans laquelle compte la capacité Σ; le calcul des pressions par dixièmes de course nécessite la table particulière dont il a déjà été question; la durée de cette phase est pour les les machines de la « Normandie » de 0,course à 0,75. La deuxième phase est celle de la détente après clôture d'admission; c'est-à-dire en cylindre clos. Les calculs des pressions, pendant cette dernière phase, se font en rétrogradation comme dans les cylindres initiaux; c'est-à-dire par la finale. Sa durée est de 0 course, 75 à 1,00.

C'est toujours au moyen de la pression finale du grand cylindre que l'on obtient sa pression initiale mathématique. La pression finale moyenne des six diagrammes étant $0^k,706$, la pression initiale devient $2^k,025$. Nous ferons remarquer que si cette dernière, $2^k,025$, diffère de $0^k,078$, en plus de $1^k,947$; pression accusée par les considérations sur la chute dans Σ; c'est que la base de ce dernier calcul repose sur la pression à 0,75 de la course du piston; alors que la vapeur n'est pas complètement dépouillée d'eau en suspension. La réapparition pendant la dernière phase de détente des $0^k,0385$ qui manquaient est la meilleure preuve de cette évaporation.

En comparant les ordonnées graphiques avec les ordonnées calculées, on trouve un écart partant de $0^k,526$ et finissant à $0^k,00$; le déficit moyen de pression est $0^k,1454$. Afin de donner une idée plus nette du phénomène, une courbe à l'échelle de 37,5 millimètres pour 1 kilogramme a été tracée, planche 78, fig. 3. L'ordonnée A B représente la vapeur disparue. La courbe A C la réévaporation. B C la course du piston. On voit clairement que la chute de pression dans la capacité Σ, plus grande que ne comporte son volume, est bien réellement la conséquence d'une condensation.

En effet, pendant la première période de la course du piston, il se produit une surélévation de pression plus grande que celle qui résulterait du volume constaté. Il y a indication que l'eau qui tapisse les parois et le métal lui-même sont en température voisine de celle de la vapeur entrée dans Σ, et que la reprise de chaleur se fait aussitôt que le plus léger abaissement de pression se manifeste. Puis la courbe se redresse et se maintient un peu en écart à cause de l'accélération de la vitesse du piston. Cette vitesse détermine un violent courant de transvasement qui suspend, dans une certaine mesure, l'accroissement de pression. Enfin, dans la période finale, les deux lignes se confondent et accusent très sensiblement une pression conforme aux calculs et une densité de

vapeur qui ramène le poids de cette dernière à l'égalité de celui qui est issu du petit cylindre.

L'éduction au condenseur, malgré les doubles orifices du tiroir et leur grande section, paraît un peu traînante ; elle présente dans son ensemble une contre-pression moyenne de 0k,4081. Les indicateurs de vide marquaient 0k,1315 ; il y a donc une différence de 0k,2766.

La compression dans le grand cylindre commence à 0k,9594 de la course du piston, elle prend la vapeur à 0k,330 et la porte à 0k,531. Son poids est de 0k,1104.

Poids de vapeur consommée. — Un des éléments des plus importants dans l'analyse du diagramme est le contrôle permanent que l'on trouve par le poids de la vapeur sensible dans les cylindres. Cela permet, ainsi que nous l'avons vu dans différentes phases du fonctionnement, de suivre pas à pas le sort de la vapeur.

Dans les machines de la « Normandie, » l'admission dans le petit cylindre est 0k,5552. Le cylindre étant sans chemise de vapeur, il n'y a, pendant la détente, qu'une très faible augmentation de poids de vapeur ; en sorte que l'ordonnée majeure (la 7e) accuse par machine 13 919k,4 ; en nombre rond, 13 920k, de vapeur consommée par heure. Mais, aussitôt que cette vapeur pénètre dans la canalisation Σ entre les deux cylindres, il y a condensation du cinquième de son poids, 0k,2178. Puis, ce mélange d'eau et de vapeur se gazéifie à nouveau, pendant la détente, dans le grand cylindre. Cette réévaporation est presque complète, puisque la pression finale du grand cylindre, donne un poids de vapeur par heure de 13,858k, poids très approché de celui du petit cylindre, qui est 13 920k.

Puissance indiquée. — La puissance indiquée est le point du diagramme le plus important. Il se résout de la manière la plus simple et n'exige pas ces longues séries de calculs nécessaires pour la vérification des courbes et suivre la vapeur dans ses diverses transformations. Il suffit d'élever des ordonnées en nombre suffisant à travers le diagramme et d'en déduire la pression moyenne. Ou mieux encore de relever le périmètre de la figure au moyen du planimètre et d'en tirer la moyenne pression. Ce sont les opérations les plus pratiquées : beaucoup d'ingénieurs s'en contentent, mais elles n'apprennent rien de

précis sur le fonctionnement. Aujourd'hui, en présence de l'importance du moteur à vapeur et d'une théorie affermie par de sérieuses observations, il importe que les investigations soient poussées plus loin.

Dans la série de diagrammes du service courant de la « Normandie, » mes calculs de la puissance indiquée ont été faits d'après les cotes des ordonnées tracées par le service technique du bord. Cette puissance est 1,859^{ch},8 par machine : soit 5 579^{ch},3 pour les trois machines.

Le diagramme moyen que j'ai établi, donne :

1° Par la surface calculée, ordonnées intermédiaires et par machine . . . . 1 866^{ch},2

2° Par les ordonnées positives moins les négatives . . 1 871^{ch},6

3 737^{ch},8

Moyenne . . . . . 1 868^{ch},9

La différence entre ces deux nombres est de 9 chevaux, c'est-à-dire un 1/2 pour 100. Cette mince erreur n'infirme en rien la justesse d'une suite d'opérations fort complexes, opérations qui relèvent, en grande partie, de tracés graphiques à petite échelle.

En résumé, le fonctionnement des machines de la « Normandie » peut s'énoncer ainsi :

LES TROIS MACHINES	ESSAI DE VITESSE 21 février 1883	SERVICE COURANT 10 juin 1883
Dépense de vapeur par heure.....	56 785,^{k}	41 578,^{k}
Puissance indiquée..............	6 448,7$^{ch.}$	5 579,3
Poids de vapeur par cheval, heure.	8^{k},805	7^{k},485
» d'eau d'alim. » »	9^{k},509	8^{k},084

Enfin, si l'on considère la houille brûlée par cheval et par heure dans l'essai économique ; conditions sensiblement les mêmes que celles du service courant, on trouve :

$$\frac{\text{Eau vaporisée par cheval. . . . . . } 8^{k},0838}{\text{Divisé par : Charbon brûlé par cheval . . . . . . } 0^{k},776} = 10^{k},417$$

Le charbon en roches de Nixon était de choix ; néanmoins 10^{k},417 d'eau vaporisée par kilog. de houille est beaucoup.

Comparaison des machines de la « Normandie » avec le système Quéruel à transvasement direct. — L'analyse étant épuisée, il y a lieu de rechercher si les procédés que nous venons d'examiner sont l'expression des perfectionnements les plus récents, si les machines de la « Normandie » donnent tous les résultats que la théorie économique de la machine à vapeur peut engendrer et s'il n'y a plus rien à chercher ni à perfectionner. Il serait téméraire de se prononcer pour l'affirmative, car on ne peut préjuger de l'avenir et, d'ailleurs, le connu actuel ne nous permettrait pas de nous prononcer dans ce sens. Et à ce sujet, je crois qu'il est aussi intéressant qu'utile de citer d'autres résultats et de les comparer avec ceux que nous venons d'enregistrer.

Les machines que je me propose de mettre en comparaison avec celles de la « Normandie » sont relativement de très petits moteurs ; elles sont au nombre de 9 dont 7 de 50 chevaux, 1 de 80 chevaux, 1 de 250 chevaux, soit en puissance totale 680 chevaux. On ne pourra objecter que notre comparaison soit à l'avantage des petites machines, alors que le monde technique sait que le rendement des machines à vapeur est d'autant plus favorable que ces dernières sont plus puissantes. Par ces considérations, nos prémices sont incontestables.

Première remarque. — Si l'on recherche par le calcul l'expansion totale de la vapeur qui a traversé les cylindres des machines de la « Normandie » on a :

Pression finale du grand cylindre $0^k,706$	log.	9,84880
Pression initiale du petit cylindre $6^k,358$	»	0,80332
n = 7 volumes, 951 = log. tables Quéruel	»	9,04548

Or, la formule suivante donne pour une machine avec expansion de 7 vol., 951 :

$$Tm = Pv\left(K_n - \frac{n\,p_0}{P}\right) = 2\ 728, \text{ chevaux}$$

Dans laquelle :

P. Pression initiale	6^k, 358
v. Volume d'admission par seconde	1^{m3},506
K_n. Kilogrammètres de rendem. à 7^v,951	$29\ 192^{km}$,
n. Nombre de volumes d'expansion	7^v, 951
p_0. Contre-pression au condenseur	0^k, 09742

Et établissant le rapport entre ce rendement théorique et celui de la « Normandie » on a :

$$\frac{\text{Normandie (1 machine)}\ 1.859{,}8}{\text{Théorique}\ 2.728,} = 0{,}6817$$

La cote de rendement des machines de la « Normandie » est donc 0,6817.

Dans le but d'établir d'une manière plus claire et plus probante les résultats économiques qu'on est en mesure de recueillir, j'ai calculé et tracé un couple de diagrammes conformes à ceux que donnent en service courant les neuf machines dont nous venons de parler (Pl. 78, fig. 1, 2).

Le diagramme du petit cylindre se prête à deux hypothèses. La première comporte la pression initiale à $6^k{,}50$; la deuxième à $8^k{,}50$.

Considérons d'abord le premier cas à $6^k{,}50$.

Dimensions principales d'une machine à deux cylindres à transvasement direct, manivelles à 180°, en état d'utiliser 13 920^k, de vapeur par heure avec une détente totale de 13 vol., 547.

DIMENSIONS	*NORMANDIE*	SYSTÈME QUÉRCEL
	m^2	m^2
Section du petit piston...........	0,630164	1,000
» grand piston	2,803956	4,000
Rapport du grand sur petit.. . ..	4,450	4,000
Courses petit et grand	1,700	2,000
Nombre de tours par minute......	56,200	60,000
Espaces nuisibles petit cylindre...	0,1224	0,030
» grand cylindre..	0,07162	0,020

Dans l'établissement des diagrammes, l'abscisse, représentant la course du piston, doit être prolongée de la quantité proportionnelle de l'espace nuisible du cylindre ; c'est ce qui a été fait pour le petit cylindre. Pour le grand cylindre, cette abscisse n'a pas été allongée des 2 p. 100 de Σ, parce que les nombres concrets établis pour la courbe de détente comprennent en eux-mêmes ces 2 pour 100. L'abscisse du grand cylindre est donc exactement la représentation de la course du piston.

Le point de départ pour cette étude comparative a été le poids de vapeur.

Le poids de vapeur dépensée par chaque machine de la « Normandie » est de 13,920 kilog. Les chaudières étant timbrées à $6^k{,}000$ +

atm. $1^k,033 = 7^k,033$ de pression absolue ; on peut compter recevoir cette vapeur à la pression de $6^k,500$ dans le petit cylindre. (Voir calculs détaillés, machine Quéruel, tableau n° 3).

Ainsi, étant donné : un poids de vapeur	$13\ 920^k$,
Une pression initiale sur le petit piston	$6^k,500$
On trouve avec la compression dans Σ (2 p. 100) une pression finale	$1^k,682$
Et une admission dans le petit cylindre	0,27925

La courbe relevée dans les plus fortes machines, type Quéruel, à transvasement direct suit très sensiblement la ligne théorique ; la différence moyenne est $0^k,0024$ en moins, elle ne peut s'inscrire dans le tracé ; et ne pouvant constituer une erreur sensible dans les résultats, cette mince différence a été estimée. L'admission est une ligne droite. La courbe de détente qui lui fait suite ne présente qu'un faible arrondi au moment de la fermeture de l'admission, puis elle suit la ligne théorique jusque presque la fin de la course du piston, où elle s'arrondit à petit rayon présentant au point mort une mince chute dans la mise en communication avec Σ du grand cylindre. La chute est de $0^k,1$ et conforme aux calculs de l'agrandissement du volume. De $1^k,682$, elle devient $1^k,582$.

Au changement de course du piston, on voit l'abaissement de pression se produire dans une proportion sensiblement conforme à la loi des volumes. Mais le calcul relève un certain écart entre les ordonnées négatives du petit cylindre et les ordonnées positives du grand. Cet écart prend son origine avec la course, il est maximum vers les 2 ou 3 dixièmes pour se confondre aux 7 dixièmes avec la ligne théorique d'expansion. L'écart moyen est de $0^k,082$.

La suppression de l'espace intermédiaire est très important pour le rendement ; on peut remarquer dans le diagramme l'absence de cette forte chute que donnent les capacités intermédiaires dans les machines dont le grand cylindre n'est pas pourvu de détente particulière.

La courbe positive du grand cylindre chemine donc conformément à la ligne théorique ; la courbe négative du petit cylindre se trouve seule atteinte de $0^k,082$ en moyenne, ce qui réduit le travail total de 0,0145.

L'éduction au condenseur n'anticipe pas sensiblement la fin de la course. La contre-pression derrière le piston est $0^k,09742$ en moyenne.

Par ces mêmes raisons la compression est faible ; elle convient pour des espaces nuisibles très restreints.

Poids de vapeur. — Pour cette étude comparative, nous avons pris pour point de départ le poids de vapeur consommée par heure et par machine de la « Normandie. » Nous avons appliqué ce poids à la

finale du petit cylindre	13 920, kilog.
à l'initiale du grand cylindre, on a	13 913,
à la finale	12 885,

Du petit au grand cylindre, la différence en moins est de 1/4 p. 100.

Puissance indiquée. — La puissance indiquée a été calculée de trois manières.

Par les ordonnées positives, moins les ordonnées négatives, le produit est $3\,077^{ch},8$

Par le graphique, méthode usuelle $3\,070$

$$\text{Puissance moyenne indiquée, } 3\,073^{ch},9 = \frac{6\,147^{ch},8}{2}$$

Par la formule théorique :

$$T_m = Pv\left(K_{\shortparallel} - \frac{n\,p_0}{P}\right) = 3{,}131^{ch},6\,.$$

Dans laquelle :

$$P = 6^{k},500$$
$$v = 1^{m3},1506$$
$$K_{\shortparallel} = 33436^{km},$$
$$n = 13^{volu},547$$
$$p_0 = 0^{k},09742$$

Et le rendement est :

Puissance moyenne indiquée . .	$3073^{ch},9$	= log.	3,48765
Puissance théorique.	3131 ,6	= —	3,49577
Rendement	0,9815	=	9,99188
Si l'on ajoute le déficit. . . . . . de l'écart entre les courbes du petit	0,0145		
et du grand cylindre, on a.	0,9960		

nombre qui approche l'unité et qui démontre la précision de la méthode.

Poids de vapeur par cheval et par heure.

La consommation de vapeur par cheval et par heure pour la première hypothèse est 4^k,529. En y ajoutant 2 pour 100 pour l'eau entraînée on a : 4^k,619.

Seconde hypothèse. La deuxième considération que je présente est celle d'un fonctionnement au timbre de 8 kilog., c'est-à-dire à 9^k,033 de pression absolue.

Cette condition nouvelle ne change rien aux dimensions des machines, ni à la paire de diagrammes que nous venons d'examiner. Les courbes sont les mêmes, les poids de vapeur identiques. Seul, le diagramme du petit cylindre se prolonge par la tête de la hauteur correspondante à la pression supplémentaire de 2 kilog. : ce qui lui donne pour pression initiale, 8^k,500. Alors l'admission devient 0^{adm},2169, au lieu de 0^{adm},27925 qu'elle était à la pression de 6^k,500. La courbe positive se prolonge vers le haut jusqu'au point 0,2169, où elle se raccorde par un léger arrondi avec la ligne horizontale de l'admission. Tout le reste de la figure reste constante, c'est, je le répète, le même poids de vapeur ; il n'y a de changé que l'aire du diagramme, qui se trouve augmentée du trapèze qui lui est superposé. L'aire du trapèze correspond à une pression moyenne de 0^k,500 pour toute la course du piston ; ce qui donne gratuitement un supplément de puissance de 266^{ch},7 par chaque machine.

Alors la consommation de vapeur par heure et par cheval indiqué devient (Calculs, tableau n° 3) . . . . 4^k,167

Plus 2 pour 100 d'eau entraînée . . . . 0^k,083

Total par cheval indiqué (Eau d'alimentation) . . . . . 4^k,250

Le fonctionnement effectif réalisé par neuf machines à deux cylindres à transvasement direct qui vient d'être mis en parallèle avec celui des machines *tandem* de la « Normandie » pourrait paraître un peu forcé ; mais pour lever tout doute à cet égard, je puis citer deux usines de force motrice établies par un même constructeur, où des machines *tandem* et des machines à transvasement direct effectuent un même travail d'une façon alternative, qui permet d'établir une comparaison exempte d'erreur.

Le travail dans l'une de ces usines consiste dans la compression de l'air, la puissance est de 50 chevaux. Dans l'autre usine, la force motrice comprime de l'eau et produit de la lumière électrique. La puissance est de 62 chevaux.

Dans ces deux usines, le travail est constant, la variation extrême est 0,003, la moyenne 1 millième.

La consommation de vapeur par cheval et par heure est :

Machines, transvasement direct, petite force — *tandem* . . . . $\frac{5^k,486}{9^k,650} = 0,5685$

Économie en faveur du transvasement direct 0,4315

Et répétant cette comparaison sur le parallèle des machines à deux cylindres à transvasement direct avec les machines *tandem* de la « Normandie, » on a :

Poids de vapeur par cheval et par heure :

Machines à transvasement direct, grande force — *tandem*, « Normandie ». . . . . $\frac{4^k,167}{7^k,485} = 0,5567$

Économie en faveur du transvasement direct 0,4433 (1)

Nous constatons qu'une économie de 44 pour 100 résulte de la comparaison des systèmes *Woolf-Tandem* et *Woolf-Quéruel* à transvasement direct; et que cette économie est en faveur de ce dernier système, soit dans les petites forces comparées entre elles, soit dans les grandes puissances également comparées.

J'ajoute, pour achever la série de preuves, que les deux usines en question donnent des résultats identiques qui se vérifient tous les jours. Les conducteurs de machines constatent régulièrement que le service de 14 heures 1/2 se fait avec trois caisses et demie de houille pour les *tandem*, tandis que deux caisses suffisent largement pour les machines à transvasement direct.

Enfin, rapprochement intéressant, ces *tandem* horizontales, dont il vient d'être question, essayées sans condensation, ont dépensé en eau d'alimentation 15^k,300 par cheval indiqué et par heure. Une *tandem* verticale d'un autre constructeur a présenté une consommation de 15^k,76; nombre très approché, qui montre l'influence des dispositions

(1) Système Corliss, dernier modèle, par cheval vapeur 7^k,851
Colbert, trois cylindres, cuirassé premier rang 7^k,915
Système Quéruel, grandes puissances 4^k,167

générales du système. Nous pouvons donc admettre la similitude comparative de machines du même type et en conclure l'identité économique.

Rendement de l'indiqué à l'effectif.

Connaître la puissance indiquée est un point de repère pour la production du travail, mais ce n'est pas le travail lui-même. Et si les grandes puissances ne peuvent être vérifiées dans la balance du frein, nous ne devons pas moins nous préoccuper de réduire les frottements qui absorbent une partie de la puissance développée sur les pistons.

Rendement de l'indiqué à l'effectif.

Les machines mono-cylindre rendent		0,820 à 0,860
— bi-cylindres manivelles	à 90°	0,870 à 0,876
— — horizont. .	à 180°	0,895 à 0,900
— — verticales.	à 180°	0,920 à 0,930

Ces différences s'expliquent :

Pour la machine mono-cylindre, les efforts initiaux sur le piston sont considérables ; ces efforts agissent au départ de la manivelle sur un levier très court. A mesure que l'admission s'accroît, le rendement s'élève et c'est ainsi qu'il atteint 0,860.

La machine bi-cylindre à 90° a un partage d'efforts sur ses deux pistons qui devient composante favorable au mouvement de rotation et décharge en partie les paliers qui reçoivent la réaction. Le rendement est donc supérieur à la machine monocylindre.

La machine bi-cylindre à 180° procède des mêmes effets que la précédente, et ces effets de grand rendement s'accentuent, en ce que l'équilibre des efforts tend à se produire, et à affranchir des frottements de réaction.

Il y a lieu de supposer que de puissantes machines verticales établies sur ce principe atteindront un rendement de 0,95.

CONCLUSION.

Pour clore ce rapide examen, considérons les effets qui résulteraient de l'application de machines à deux cylindres à transvasement direct, dont le fonctionnement économique atteint un degré supérieur. Ces effets sont : ou une économie de combustible, ou un accroissement de vitesse.

Économie de combustible.

Si l'on se tient à la vitesse actuelle de nos paquebots transatlantiques, l'économie de fonctionnement porterait uniquement sur le combustible et par suite en économie budgétaire.

Les lignes de New-York et des Antilles économiseraient annuellement 77,240 tonnes de houille, qui, à raison de 30 fr. la tonne en soute, coûtent 2,317,200 fr. L'ensemble des lignes subventionnées donnerait 6,235,200 fr. de réduction de dépense. Or les subventions générales du budget de 1884 sont de 26,709,629 fr.; et si l'on admet que la subvention est destinée à parfaire les frais généraux des services maritimes, on peut estimer qu'une réduction de 6,235,200 fr. serait de toute justice. Ce qui allégerait d'autant le budget. Au surplus et par suite de ces améliorations les compagnies profiteraient de la réduction du poids et du coût des chaudières, du personnel pour le service, de la réduction des soutes à charbon et du gain qui en résulterait pour le tonnage utile du navire.

Négliger ce point d'économie sociale exposerait l'administration à des reproches mérités. On pourrait lui dire : ou vous savez ce qui se passe, ou vous l'ignorez. S'il est à votre connaissance que les compagnies subventionnées comptent sur votre complaisance pour demeurer en arrière des progrès réalisés, assurées à l'avance qu'elles recevront des subventions suffisantes pour parer à leur incurie? vous êtes coupable de prévarication de deniers publics en soutenant devant la Chambre des représentants de la nation le bien fondé des demandes des compagnies.

Si, au contraire, vous agissez dans l'ignorance de la question technique et économique qui fait l'objet du service public qui vous est

confié; ou, en d'autres termes si vous êtes hors d'état de vous rendre compte de ce que vous êtes appelé à surveiller vous êtes incapable, et alors vous devez résilier vos fonctions.

Accroissement de vitesse.

Dans le cours de l'analyse, nous avons considéré deux cas, le premier est un fonctionnement à 6k, 500 de pression initiale; fonction qui peut s'effectuer avec le matériel chaudières tel qu'il existe à bord du paquebot la « Normandie; » le deuxième est une fonction à 8k,500 de pression initiale; pression telle qu'elle exigerait des chaudières plus résistantes.

Dans les conditions actuelles, si la « Normandie » a accompli le trajet du Havre à New-York en 8 jours 14 heures; on peut se demander quelles seront les nouvelles vitesses que l'on pourra atteindre avec des machines plus perfectionnées, et quelle sera la durée du trajet?

Cette question sera résolue par la formule :

$$\frac{t_m}{v^3} = \frac{T_m}{V^3}$$

	PRESSION	PUISSANCE	VITESSE	TRAJET
	k	ch.	milles	j h
Machines actuelles	6,500	5,579,3	15,75	8.14.
— perfectionnées........	6,500	9,221,7	18,62	7. 6.18′
— — à haute pression	8,500	10,022,1	19,145	7. 1.30′

Je n'ai pas besoin d'insister sur la nécessité d'accroître la vitesse de nos lignes postales. Les lignes françaises ont des rivales puissamment outillées et à la hauteur desquelles les nôtres n'ont pas encore atteint. N'est-il pas pénible, en effet de lire sur les suscriptions des dépêches françaises « New-York (voie anglaise), » d'entendre dire que ces services sont plus rapides que les nôtres, et de voir les passagers français courir s'embarquer en Angleterre pour gagner quelques heures de traversée? Si la « Normandie, » paquebot accompli sous bien des rapports, a inauguré une vitesse qui se rapproche de celles des paquebots étrangers; malheureusement cette vitesse est encore inférieure; et, en

présence de ce fait, ne devons-nous pas, et pour nos intérêts et pour la dignité nationale, faire tous nos efforts pour que nos lignes postales soient dans les premiers rangs.

Il serait donc imprudent à tous les points de vue de s'en tenir au résultat favorable que nous avons constaté et de croire qu'il n'y a plus rien à faire au delà. Il faut, à mon avis, et c'est le conseil que me donnait Benjamin Delessert[1] dans ses derniers jours, chercher constamment des améliorations, trouver des perfectionnements de toute nature et ne se croire jamais arrivé au terme du progrès; car le moindre repos, la moindre quiétude, nous laisse bientôt dépasser par les autres.

Bien certainement la compagnie Générale Transatlantique ne peut avoir d'autres vues, puisque ses intérêts les plus directs y sont attachés; et l'objectif de les servir, devient la plus sûre garantie qu'elle poursuivra l'ère des progrès.

Mais il ne faut pas attendre que les conceptions françaises aient fait retour d'Angleterre et encore moins retour d'Allemagne.

1. Benjamin Delessert, né à Lyon en 1773, fit son éducation en Angleterre. Introduit dans la famille Watt et lié d'amitié avec le fils de l'illustre ingénieur, il fut témoin de ses recherches et de ses expériences. Esprit juste et clairvoyant, il fonda l'une des premières filatures mécanique et une raffinerie de sucre à Passy (Seine).

En 1812 il crée l'industrie sucrière indigène qu'il propage par l'établissement de succursales à Arras, à Namur, à Blois et à Bologne. En 1802 il fonda la Société d'encouragement pour l'industrie nationale; et en 1818, avec de La Rochefaucauld, ils fondent les caisses d'épargne en France. La devise de cet homme de bien a été : la vérité, le bon et l'utile.

NOUVELLE LOI ANGLAISE

SUR LES

PATENTES D'INVENTION

PAR M. D. A. CASALONGA.

Dans la séance du 1er février, deux communications intéressantes nous ont été faites, chacune d'un caractère industriel et commercial, l'une et l'autre relatives à des faits s'accomplissant à l'étranger et reliés directement à la production nationale.

Le sujet dont j'ai désiré vous entretenir est de même ordre et de même nature et il est de ceux auxquels vous avez déjà prêté votre attention.

M. Barrault vous fit part, naguère, de la nouvelle loi espagnole sur les patentes d'invention, et j'eus moi-même l'honneur de vous entretenir, dans la séance du 7 juillet 1882, du projet de loi que le législateur brésilien avait préparé le 21 avril 1882, et qu'il adopta le 14 octobre suivant, en l'amendant heureusement et presque conformément aux quelques critiques que l'examen du projet avait fait naître. Enfin, dans la séance du 3 août dernier, notre même collègue, M. Barrault, vous a communiqué, avec sa compétence reconnue, les articles de la convention internationale du 20 mars 1883 et les justes considérations qu'il y a rattachées.

Je vais essayer de vous mettre rapidement au courant du bill qui a été adopté en Angleterre, à la suite de longs travaux législatifs et qui est en application depuis le 1er janvier de cette année.

Ce bill est un véritable monument de législation destiné à réglementer la protection de la *propriété industrielle* en Angleterre. Il embrasse à la fois les patentes ou brevets d'invention, les dessins de fabrique, ainsi que les marques de fabrique ou de commerce. Je ne

vous entretiendrai que de la législation relative aux *patentes*, et je le ferai très sommairement, tenant à la disposition de la Société, si elle désire le publier, le texte intégral traduit, de cette législation.

Sous le régime de l'ancienne loi, une patente anglaise avait une durée de 14 ans divisée en trois termes de 3, 4 et 7 années, dont les taxes correspondantes étaient de 625, 1,250, 2,500 francs. Le premier terme offrait la faculté de s'assurer une protection provisoire de six mois, ou plutôt de quatre mois seulement; car, dès le premier jour du cinquième mois, il fallait notifier si l'on désirait maintenir sa demande et commencer alors les autres versements exigés, après quoi s'ouvrait un délai d'opposition d'une durée de 21 jours, passé lequel le grand sceau pouvait être accordé, et dès l'expiration des six mois, la patente était à la disposition du public qui pouvait en prendre connaissance.

Un des caractères de la loi abrogée consistait dans l'application de ce principe rigoureux que toute revendication défectueuse entraînait la nullité de la patente à l'égard des défendeurs. Or la patente consistait tout entière dans les revendications ou « claims, » et c'est pourquoi, à l'opposé de notre loi, la loi anglaise n'autorisait pas les additions à une patente, mais seulement les soustractions ou retranchements. Les « claims » défectueux étaient enlevés par des « *disclaimers.* »

Cette théorie, d'après laquelle on peut prendre impunément tous les fruits d'un arbre s'il s'en trouve un de mauvais, semble au moins, au premier examen, excessive et le législateur anglais paraît l'appliquer à la loi nouvelle comme à l'ancienne.

Par contre la nullité relative d'une patente ne pouvait s'obtenir qu'en se défendant contre une attaque du patenté. La loi avait bien prévu le cas d'une attaque directe en recourant à une procédure spéciale dite de *scire facies*. Mais cette procédure, qui exige l'intervention du souverain, était si longue, si coûteuse, qu'il n'est à la connaissance de personne que l'on y ait jamais eu recours.

Il est bon de faire remarquer aussi cette particularité importante, qu'il ne suffisait pas d'être inventeur, pour demander et obtenir valablement une patente connue à l'étranger, pourvu qu'elle ne le fût par la voie de la presse. Il suffisait de déclarer qu'on la tenait d'un tel, fût-ce de l'inventeur lui-même. Ce point ne paraît pas non plus très clairement réglé par la nouvelle loi, puisqu'elle fait une distinction entre les

patentes regnicoles et celles communiquées de l'étranger au point de vue de leur déclaration.

Je passe sur la procédure, aujourd'hui sans intérêt, des oppositions, des « disclaimers » et des procès en contrefaçon, et j'arrive, par ce préambule nécessaire, à l'exposé de la loi nouvelle.

Toute personne, seule ou avec d'autres, peut demander une patente, en la formulant suivant des règles précises, qui pourront être modifiées de temps en temps. Elle peut ou demander de suite la patente en déposant, sous un titre précis, et se terminant par un résumé la spécification définitive et les dessins, s'il y a lieu, ou commencer par le dépôt d'une spécification provisoire, avec ou sans dessins, et s'assurer ainsi une protection provisoire de 9 mois, et cela moyennant le payement d'une taxe de 25 francs.

Un *contrôleur*, ayant en quelque sorte un pouvoir discrétionnaire, subordonné seulement à celui des tribunaux, est placé à la tête de l'Administration des patentes ou Patent-Office. Il est assisté par des examinateurs chargés de lui donner par des rapports qui restent secrets, hormis le cas où les tribunaux en demandent communication, leurs avis sur la régularité et la conformité des pièces remises, sur les demandes d'opposition, ou d'amendements, sur la similitude de deux demandes pendantes, sur la relation directe qui doit exister entre la spécification définitive et la spécification provisoire qui la précède. Il peut suspendre le cours d'une demande, jusqu'à ce que des corrections y soient faites ou que des explications satisfaisantes soient données. Le demandeur peut toutefois appeler des décisions du contrôleur, devant l'officier de loi ou juge, qui décide en dernier ressort.

A l'expiration des 9 mois de la protection provisoire, le demandeur, s'il ne veut pas abandonner sa demande, doit déposer une spécification définitive, qui devra être seulement le développement naturel et obligé de la spécification provisoire, sans quoi, sur l'avis de l'examinateur, le contrôleur refusera de l'accepter, jusqu'à ce qu'elle soit remise en ordre.

Dès que la spécification définitive est acceptée, et elle doit l'être dans les douze mois au plus tard, sauf le cas d'appel, il en est donné avis au demandeur et au public qui peut en prendre connaissance; et toute personne peut alors former opposition, pendant l'espace de deux mois, en invoquant seulement l'un des trois motifs suivants :

1° Le demandeur avait reçu communication de l'invention, de la personne même qui fait opposition ou d'une personne dont elle est le représentant légal;

2° L'invention avait été patentée en Angleterre, par suite d'une demande antérieure;

3° Un examinateur avait rendu compte au contrôleur que la spécification lui paraît comprendre la même invention qu'une autre déjà comprise dans une autre spécification, portant le même titre ou un titre semblable.

En cas d'opposition, et après l'expiration du délai de deux mois, le contrôleur invite les parties à s'expliquer, et il juge l'affaire, sauf appel devant l'officier de loi.

S'il n'y a pas eu d'oppositions, ou si elles ont été définitivement écartées, la patente est scellée. Dans le premier cas, elle doit l'être, au plus tard, dans les quinze mois de la demande, à moins que le demandeur ne meure, et alors son représentant légal a encore un délai de douze mois, à partir du jour du décès, pour se faire délivrer la patente.

La contrefaçon effectuée entre le jour de la demande et le jour de l'acceptation et de la publication de la spécification définitive, ne peut pas être réprimée.

Elle ne peut pas l'être non plus dans la période comprise entre la publication de l'invention et le moment où la patente est scellée; mais cette partie de la contrefaçon peut être atteinte rétroactivement dès la délivrance de la patente.

La durée d'une patente est de 14 ans comprenant trois termes de 3, 4 et 7 ans, auxquels correspondent les taxes de 100, 1,250, 2,500 francs, c'est-à-dire que les taxes du second et du troisième terme sont restées les mêmes. Toutefois, pendant que le premier terme a été porté de 3 ans à 4, le second a été abaissé de 4 ans à 3; et en outre, les deux dernières taxes au lieu d'être acquittées en bloc, peuvent être payées par annuités de 250 francs à l'expiration des 4e, 5e, 6e et 7e années; 375 francs pour chacune des deux années suivantes; et 500 francs pour chacune des quatre dernières années, c'est-à-dire la même somme au total, exigée d'après l'ancienne loi.

Dans des cas exceptionnels, son conseil privé entendu, et si la demande en a été formulée six mois avant l'expiration d'une patente,

le souverain peut accorder une prolongation de cette patente pour 7 ans ou même pour 14 ans, ou laisser délivrer une nouvelle patente avec des changements indiqués.

Le retard de payement d'un terme ou d'une annuité, s'il est justifié, peut être racheté par une amende de 75, de 175 ou de 250 francs suivant que le retard est de un, de deux ou trois mois.

La procédure de *scire facies*, pour demander l'annulation d'une patente est supprimée et remplacée par une simple pétition, adressée à la Cour, par l'Attorney-général, le Lord Advocate, ou par toute personne autorisée par ces deux magistrats, ou justifiant de l'intérêt qu'elle a à demander l'annulation.

Les preuves et explications doivent être fournies préalablement, et ne sont pas admises sans cela au cours de l'audience. Pour amender les explications fournies, il faut la permission de la Cour ou d'un juge.

Quand une patente est révoquée par suite de fraude, le contrôleur peut l'attribuer au véritable inventeur.

La patente a le même effet, vis-à-vis de la couronne qu'au regard du public. Cependant les autorités dirigeant un service *peuvent* appliquer l'invention, à des conditions stipulées *avant* ou après et fixées, en cas de désaccord, par la Trésorerie.

Dans tout cas de contrefaçon, la Cour peut, et doit, si elle en est requise, se faire assister d'un assesseur.

Celui qui conteste la nouveauté de l'invention, doit faire la preuve de son affirmation.

Un patenté, s'il ne veut s'exposer à des dommages-intérêts ne doit pas menacer par circulaires ou autrement, de prétendus contrefacteurs, à moins de leur faire un procès avec la diligence voulue.

Toute patente doit se rapporter à un seul et unique objet, et consiste exclusivement dans les revendications précises de la fin. L'appréciation exclusive de la complexité est, comme en France, du ressort exclusif du Patent-Office.

Si le propriétaire d'une invention meurt, son représentant légal peut, dans les six mois du décès, formuler une demande de patente au nom du défunt.

Une patente accordée au véritable inventeur ne peut être invalidée par une demande frauduleuse ou par une protection provisoire obtenue ou par une application ou publication de l'invention faites postérieu-

rement à ladite demande frauduleuse et pendant la période de protection provisoire.

Le patenté peut effectuer des cessions ou accorder des licences ; il peut, en cas de perte ou de destruction justifiée de son titre, en obtenir un duplicata revêtu du sceau.

Les juges peuvent recevoir le témoignage de témoins assermentés, et modifier de temps en temps les règles de la procédure à suivre devant eux.

Si, en vue d'une exposition industrielle ou internationale, reconnue par le ministère du commerce, un inventeur donne avis au contrôleur de son intention d'y exposer ce qui fait l'objet de son invention, aucun fait de publicité, d'application ou d'exposition, émanant de lui, ou de toute autre personne à son insu, ne pourra porter atteinte à la patente qu'il pourra solliciter ultérieurement, pourvu qu'il en fasse la demande dans les six mois, au plus tard, qui suivront l'ouverture de l'exposition.

Le contrôleur fera paraître périodiquement un journal illustré contenant les inventions patentées ainsi que les rapports sur les affaires de patentes jugées par les tribunaux, et tout renseignement jugé utile, sans préjudice de la mise en vente des spécifications complètes comme auparavant et des tables ou catalogues abrégés des spécifications.

Le Département de Science et Art centralisera toute l'administration relative aux patentes. Il pourra demander au patenté, en lui en payant les frais, de lui fournir un modèle de l'invention.

Un patenté ne peut empêcher l'application, sur un navire étranger situé dans les eaux anglaises, d'une invention exclusivement relative à la navigation ou à l'usage du bord, à moins que le navire considéré n'appartienne à un État dont les sujets, en vertu de la législation dudit État, peuvent exercer, en un cas semblable, des poursuites.

L'inventeur de tout perfectionnement dans le matériel de guerre, *peut* céder au ministre secrétaire d'État de la guerre, en faveur du souverain, à titre onéreux ou gratuit, tout le bénéfice de l'invention ou de la patente, et ledit ministre peut exiger le secret, pendant telle durée qu'il juge convenable.

La nouvelle loi n'a d'autre effet rétroactif sur l'ancienne que pour ce qui concerne les demandes en cours, ou les patentes accordées et situées encore, au 1er janvier, dans la première période triennale,

lesquelles sont seules admises à bénéficier du mode de payement par annuités successives, sans être astreintes à la règle des licences.

Ajoutons que la loi permet à la reine de conclure des conventions avec les puissances étrangères en vue d'assurer un privilège de priorité, pendant sept mois, au véritable ou premier inventeur.

Tel est l'exposé, aussi succinct que possible, de cette loi anglaise, suivie d'un règlement dont l'application paraît avoir donné lieu à quelques difficultés de début, mais dont on attend de bons effets.

Ce règlement est surtout relatif au mode de préparation des spécifications et des dessins, ainsi qu'aux formalités et à la procédure à suivre dans les cas d'amendements, d'opposition, de retranchement, etc.

Les dessins en double et sur bristol, doivent être exécutés aux formats de 485 sur 305 ou de 485 sur 685, non compris une marge tout autour de 25 millimètres. Ils ne doivent pas être pliés ou froissés, et on doit y ajouter, également sur bristol, une figure typique de l'invention n'ayant ni plus ni moins de 100 centimètres carrés environ de surface.

Le tracé doit être exclusivement fait à l'encre de Chine de première qualité.

L'inventeur peut adresser directement la pièce au Patent-Office, mais celui-ci exige, pour la correspondance, qu'il lui soit désigné un représentant agréé, habitant, au besoin, le Royaume-Uni.

La loi nouvelle anglaise, pas plus que l'ancienne, pas plus que les États-Unis, ne prescrit aucun délai d'exploitation pouvant être une cause de déchéance. Le législateur anglais, estime, avec beaucoup de raison, qu'il est toujours de l'intérêt de l'inventeur d'exploiter son invention, s'il le peut.

Il a toutefois cherché un correctif à ce défaut d'exploitation volontaire, en insérant la clause de l'*exploitation obligatoire*, clause que nous considérons comme purement platonique, car nulle part on n'a vu, et on ne le verra très probablement jamais, un inventeur être mis par l'industrie dans l'obligation d'exploiter. Le principe de la liberté de l'offre et de la demande serait faussé; à moins qu'une cause d'utilité publique ne légitime l'expropriation.

Maintenant que j'ai tracé une esquisse rapide de la nouvelle loi, après l'esquisse plus rapide encore de l'ancienne, il me reste à en considérer devant vous certains de ses points, à les comparer avec les

points correspondants de certaines législations ou règles et notamment des nôtres.

On s'aperçoit bien vite, en examinant le nouveau bill, que l'on a compris chez nos voisins d'outre-Manche, l'importance de la question, et combien il était de l'intérêt de l'industrie, de favoriser l'inventeur au lieu de l'entraver. L'Angleterre fait depuis deux siècles et demi l'expérience de ce procédé.

Tout un département important est maintement fondé et en voie d'organisation, centralisant, régularisant tous les services relatifs à la propriété industrielle. De larges facilités sont données aux inventeurs aux fabricants, pour s'éclairer sur ce qui se fait, sur ce qui a été fait déjà. Les spécifications sont annoncées, communiquées, ainsi que toutes les demandes d'amendements afin que les tiers n'en ignorent. Les patentes sont cataloguées, tabulées, imprimées avec des vignettes à l'appui; elles sont encore, comme précédemment, publiées *in extenso*, et vendues pour quelques pences.

Il en est ainsi à peu près aux États-Unis et en Allemagne.

En France, pour obtenir la copie d'un brevet, il faut payer une taxe de 25 francs et relever les dessins à ses frais dans des conditions onéreuses. Pour chaque certificat d'addition la taxe est de 20 francs. C'est la loi précise.

Bien plus, s'il y a eu un temps où l'on pouvait, évitant les taxes, relever quelques notes avec croquis à l'appui, ce temps n'est plus.

Une interprétation sévère de la loi défend depuis quelque temps, de prendre aucune note, et le mieux pour avoir une idée exacte d'un brevet français sans trop de dépense, est d'en demander la brochure à Londres ou à Berlin, s'il a été pris dans ces pays.

Quant à la publication même des brevets, et qui est si tardive, la loi la prescrit bien aussi; mais ici elle fléchit devant un argument sans réplique. Les fonds manquent à notre ministère, qui espère sans doute les retrouver dans l'augmentation des taxes payées pour les relevés demandés.

La loi anglaise est muette sur les produits chimiques, exclus par la loi française, et sur ces produits ainsi que sur les produits alimentaires exclus en Allemagne et en Autriche-Hongrie. Elle est muette également, ainsi que la loi allemande, sur la dépendance de la patente anglaise, relativement à un brevet étranger d'origine. Il n'en était pas ainsi dans l'ancienne loi; et il n'en est pas ainsi non plus dans la

loi des États-Unis qui subordonne le brevet américain à la durée du plus court des brevets qui le précèdent.

Cette loi reconnaît le droit exclusif du véritable inventeur, qui peut, en cas de fraude, se faire attribuer la patente à laquelle il a droit. Ce droit survit à l'inventeur lui-même pour passer à son héritier légitime ou représentant légal. L'inventeur peut le partager avec une ou plusieurs personnes.

La rigueur léonine qui faisait annuler une patente contenant un seul *claim* défectueux, ne paraît pas avoir été adoucie par la nouvelle loi, bien qu'elle ne s'en explique pas catégoriquement. Mais la faculté donnée au patenté d'effectuer les amendements ou *disclaimers*, qui ne peuvent lui être accordés sans avoir franchi un délai d'opposition, ne laisse aucun doute sur le danger qu'il y a pour une patente, si elle renferme une revendication nulle ou indue.

Je ne m'arrêterai pas aux autres parties caractéristiques de cette loi, ne voulant pas abuser de votre attention. J'exposerai seulement quelques considérations au sujet de l'examen qu'elle prescrit et que l'on a qualifié d'*examen préalable*, d'aucuns l'assimilant à l'examen de même nom, tel qu'il est exercé aux États-Unis, en Allemagne et en quelques autres pays. La vérité est qu'il en diffère sensiblement, tout en s'en approchant. La loi prescrit l'examen, pour vérifier la régularité, la conformité des pièces, ce que font toutes les nations où la loi du brevet existe. Mais en outre du droit de décider sur des cas d'opposition, le contrôleur jouit du pouvoir discrétionnaire, d'apprécier la similitude ou la différence qui peut exister entre deux demandes défendues par les parties respectives. Il y a bien un recours devant le juge ; mais ni l'un ni l'autre de ces deux fonctionnaires ou magistrats, ne peuvent être considérés comme suffisamment compétents pour trancher de telles questions qui exigent des connaissances techniques et professionnelles spéciales, et cependant le juge décide en dernier ressort.

L'examen préalable s'arrête là, et c'est assez, c'est même, oserai-je dire, trop. Il ne considère pas si l'invention est nouvelle ou non, et il n'examine ce cas que sur la demande des intéressés ou entre deux demandes non encore scellées.

Cette sorte d'examen, que nous appellerons mixte, a trompé les partisans de l'examen préalable proprement dit, qui y voyaient un appui à leurs convictions. Nous avons retrouvé et combattu cette opinion,

au mois de septembre dernier, à l'Exposition d'Amsterdam. Elle y fut exposée avec beaucoup de force et de talent par M. Sassen, rapporteur de la section de la propriété industrielle, qui, hostile à toute loi sur les brevets, déclarait ne pouvoir en tout cas s'y rallier pour la Hollande qu'avec l'admission au moins de l'examen préalable.

Dans un article fort bien étudié, publié récemment dans une Revue importante, un de nos plus sympathiques collègues n'a pas caché non plus ses préférences pour cet examen contre lequel nous éprouvons une si grande aversion que nous ne négligeons aucune des circonstances qui nous permettent d'en signaler les inconvénients. Forcément insuffisant, pouvant être arbitraire, il ne procure aucun avantage ni à l'industrie qu'il prétend défendre, ni à l'inventeur auquel il coûte et qu'il prétend protéger contre sa propre ignorance.

Appliqué à la totalité des demandes, il dissémine ses efforts en pure perte. Les objections, presque toujours superficielles, sont généralement mal fondées. Enfin, ainsi que le montrent les États-Unis, où l'on en est à 33,000 demandes par an, dont 22,000 sont accordées, cet examen n'a pas pour effet de réfréner l'ardeur des inventeurs.

Il n'est pas rare, et c'est presque le cas général aujourd'hui en Allemagne, quand le patentant trouve qu'une invention n'est pas nouvelle, de lui voir opposer quatre ou cinq patentes, presque toutes accordées en Allemagne. Et l'on se demande comment ces patentes, plus ou moins semblables entre elles, ont pu être délivrées, et pourquoi on les oppose toutes néanmoins à la demande nouvelle, bien différente de chacune d'entre elles.

Il est évident que si on considère des parties isolées d'une invention, on les trouvera disséminées dans diverses patentes. Mais ce qui caractérise une invention, aujourd'hui surtout que le domaine public est si riche, c'est rarement tel ou tel moyen nouveau considéré isolément, mais plutôt une combinaison nouvelle de divers moyens connus appliqués ailleurs ou auparavant d'une manière bien différente.

L'examen préalable, dit-on, est le procès avant la contrefaçon. Il relève la valeur du brevet.

Nous n'en croyons rien : l'examen préalable avant la contrefaçon s'étend à de trop nombreuses demandes pour qu'il puisse mériter une considération sérieuse; et la valeur du brevet n'en saurait être relevée, en raison de ce que cet examen est toujours superficiel et qu'il ne

garantit rien, puisque souvent des patentes, dûment examinées et accordées, ont été restreintes ou annulées.

Mais d'ailleurs, puisque l'examen préalable a tant d'avantages, notamment pour l'inventeur, pourquoi, au lieu de le lui imposer, ne pas le laisser libre de le demander, en le payant, bien entendu, à bon prix?

Quant à la faculté de faire opposition à la prise en considération d'une demande de patente, elle a été considérée par quelques auteurs comme une conséquence naturelle de l'examen préalable. C'est encore une opinion bien discutable. La faculté d'opposition par les intéressés nous paraît au contraire exclusive de l'examen préalable, et c'est la conclusion logique à laquelle on est arrivé en Angleterre, où l'on ne s'occupe de la nouveauté qu'à la demande des tiers intéressés. C'est justement un moyen offert à l'industrie de se défendre, quand elle le croit utile, contre les moyens illégitimes de l'inventeur.

Les oppositions, bien que compliquant la procédure de la délivrance des brevets, peuvent donc avoir un côté utile, encore même que nous ne partagions pas l'opinion suivant laquelle elles ont l'avantage de faire naître des conflits en temps utiles. Nous dirions plutôt en temps *inutiles*, car combien qui ont contesté avec vigueur sur des brevets, qui les ont abandonnés aussitôt leur querelle vidée!

Il n'y a de litige utile que celui qui naît sur une invention utile, sanctionnée par la pratique, qui sans être préalable, et justement parce qu'elle ne l'est pas, est le meilleur, le plus sûr, le plus impartial, le plus incorruptible des examinateurs. Un tel litige vaut la peine qu'on l'étudie sérieusement, et que l'on ne néglige aucun moyen pour cela. C'est ce que font des tribunaux nombreux, assistés d'experts, non d'une manière parfaite, assurément, mais infiniment supérieure à l'examen préalable, après lequel on a négligé d'ajouter le mot « sommaire, » avec le sous-titre faillible, coûteux, irritant, suspect, inutile.

Mais combien moins de contestations utiles les tribunaux ont à juger, que les bureaux d'examen n'ont à juger de demandes plus ou moins inutiles!

Par exemple, si l'examen préalable était appliqué en France, où l'on demande près de 8,000 brevets ou certificats, il faudrait l'appliquer à ces 8,000 demandes. Or dès la première année, près de 40 à 50 sur 100 des brevets demandés sont abandonnés par leurs auteurs.

Les autres sont abandonnés en grand nombre dès la fin de la deuxième et de la troisième année. Et du peu qu'il en reste, combien qui donnent lieu à des litiges, dont quelques-uns sont arrangés à l'amiable. Ce n'est donc que sur le résidu d'un résidu que portent les débats devant les tribunaux! Quelle différence avec l'examen avant la naissance même du brevet. Et ne semble-t-il pas qu'autant vaudrait dire qu'il conviendrait d'examiner tous les nouveau-nés pour savoir si déjà il faut les réformer en vue de la conscription?

Nous croyons que la meilleure manière d'être utile à l'industrie, qui d'ailleurs est elle-même inventeur, c'est de ne pas lui imposer l'examen préalable, et d'en appliquer l'institution, les efforts et les dépenses à la renseigner commodément, économiquement, rapidement, dès que la période de protection provisoire, accordée à l'invention présumée, est expirée.

En résumé, la nouvelle loi anglaise est un progrès sur sa sœur aînée et sur d'autres législations étrangères réglant la même matière. Elle n'est pas à l'abri de quelques sérieuses critiques, qui peuvent être adressées au pouvoir discrétionnaire donné au contrôleur pour apprécier la similitude entre deux demandes en présence; à la rigueur suivant laquelle paraît devoir être traitée une patente qui renferme une revendication indue; au principe des licences obligatoires découlant, en quelque sorte de celui de l'examen préalable : au défaut de faculté, pour l'inventeur, de perfectionner sa patente par des certificats d'addition.

Par contre, des taxes pour la protection provisoire de 9 mois et pour le premier terme de 4 ans sont minimes, et, au cours de sa demande, l'inventeur peut remédier aux quelques fautes d'inadvertance qu'il aurait pu commettre, sans courir le risque de voir rejeter sa demande après quelques mois d'attente, et en en perdant la date, ce qui arrive quelquefois chez nous.

En présence de la nouvelle loi anglaise et des avantages qu'elle offre à l'industrie et aux inventeurs, nous ne pouvons que désirer de voir la France, se conformant d'ailleurs à la convention du 20 mars 1883, qu'elle a préparée par son initiative, reprendre et perfectionner la loi du 5 juillet 1844, la mettre à la hauteur des besoins et des progrès de l'industrie nationale, et réorganiser l'administration relative à la protection de la propriété industrielle.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Dragage du port d'Oakland (Californie). — Diagrammes d'indicateur. — La locomotive Shaw. — Machines pour laminoirs. — Machine à triple expansion. — L'industrie minérale en Italie. — Le trafic du Gothard. — Les navires en acier. — Prix d'ouvriers de la Société d'encouragement.

Dragage du port d'Oakland (Californie). — Ces travaux, exécutés sous la direction du colonel Mendell, du génie de l'armée américaine, ont fait l'objet d'un mémoire de M. J. Le Conte, lu à l'*American Society of Civil Engineers*, le 5 décembre dernier.

Il s'agissait de draguer un bassin de marée pour en augmenter le tirant d'eau. Les matières draguées devaient être déposées sur des bas-fonds voisins, derrière des digues élevées pour les retenir. On a employé une drague à pompe, laquelle, pendant huit mois, a enlevé et mis à terre 180,000 mètres cubes de déblai, soit en moyenne 22,500 mètres cubes par mois.

Le travail le plus fort a été de 45,000 mètres cubes en 230 heures de fonctionnement, soit près de 200 mètres cubes à l'heure, transportés à la distance moyenne de 335 mètres.

La plus grande distance de transport a été obtenue en octobre; on a déchargé 35,000 mètres cubes en 190 heures de marche, soit 190 mètres cubes à l'heure, à une distance variant de 480 à 600 mètres[1].

Les appareils sont fondés sur le principe des dragues qui ont fonctionné au canal d'Amsterdam à la mer du Nord, mais avec des modifications considérables. L'outil qui attaque le sol est une roue horizontale portant des couteaux à la partie inférieure; le mouvement de rotation de cette roue produit l'excavation proprement dite. Cette pièce n'est pas nécessaire si le terrain est peu consistant. Au-dessus de cette roue, et l'entourant en partie, est une enveloppe aboutissant à un tuyau d'aspiration de $0^m,50$ de diamètre, communiquant avec une puissante pompe centrifuge de $1^m,80$ de diamètre.

De cette pompe part une ligne de tuyaux supportée sur des bateaux et sur le sol, laquelle peut avoir des centaines de mètres de longueur.

Il est facile de comprendre que l'aspiration de la pompe produit une succion de l'eau et de la terre, qui forment un mélange entraîné dans les conduites. La proportion de matière solide est très variable, elle atteint jusqu'à 40 pour 100; mais avec la matière qu'on draguait à Oakland, il n'y avait pas intérêt à dépasser 15 pour 100, autrement on éprouvait des difficultés. La matière était d'ailleurs très uniforme : vase argileuse bleue gluante.

1. Depuis que cette note a été écrite, la distance de transport a atteint 870 mètres.

Un homme de poids ordinaire pouvait y marcher sans enfoncer au-dessus des genoux. Quelquefois l'outil rencontrait des masses d'argile bleue très pure et il sortait des tuyaux des boules de cette matière de diverses grosseurs, allant jusqu'à celle de la tête d'un homme.

La force motrice de la drague consistait en deux cylindres à vapeur de $0^m,40$ de diamètre et $0^m,50$ de course actionnant la pompe centrifuge, et deux cylindres de 0^m, 30 de diamètre et $0^m,30$ de course, commandant la roue à couteaux, les treuils et accessoires divers.

Deux chaudières de 100 chevaux, fonctionnant à 6 kilog. de pression, fournissaient la vapeur aux machines.

L'ensemble de l'installation avait été assez mal fait, de sorte qu'on ne pouvait pas faire donner plus de 130 tours par minute aux machines qui actionnaient la pompe sans transmission intermédiaire. Toutes ces dispositions sont susceptibles d'être grandement améliorées.

Voici les dépenses de fonctionnement de l'appareil pour une journée de dix heures :

Charbon, 4 tonnes à 35 fr.			140 fr.	»
Graissage			3	75
Eau douce			35	»
Personnel à bord.				
1 capitaine à	25 fr.	»		
2 mécaniciens à	20	»		
2 chauffeurs à	10	»		
3 manœuvres à	10	»		
1 cuisinier à	10	»		
1 homme pour l'eau à	10	»	135 fr.	»
Nourriture des 10 hommes à	2	50	25	»
Intérêt sur 250,000 fr.			50	»
Depréciation à 5 pour 100			45	»
Entretien et réparation de la drague et des conduites			50	»
Assurance à 8 pour 100			27	75
Total par jour			511 fr.	50

L'auteur considère ces chiffres comme étant un peu faibles, surtout en en ce qui concerne l'entretien des appareils. Il est vrai, par compensation, que les salaires paraîtraient très élevés ailleurs qu'aux États-Unis.

Il y a d'autres dépenses dont il faut tenir compte, ce sont :

1° La construction et l'entretien des digues derrière lesquelles on jette les produits du dragage.

2° La nécessité d'avoir 9 ou 10 hommes pour surveiller et régler la distribution des déblais sur le sol à remblayer.

Ces deux causes de dépenses sont considérables, mais elles ne sauraient, en bonne justice, être considérées comme applicables au dragage propre-

ment dit et doivent être mises à la charge des terrains créés. Ces dépenses atteignaient déjà près de 50,000 francs. Une partie de l'endroit où l'on décharge les terres est déjà remplie et on l'a laissé reposer deux mois; l'aspect est des plus satisfaisant; le sol présente une multitude de cônes extrêmement aplatis et d'une hauteur assez faible pour que, dans bien des endroits, le terrain paraisse à peu près plat; ces cônes indiquent les positions successives de l'orifice de décharge. C'est l'emploi d'une grande quantité d'eau qui permet d'avoir un sol presque nivelé, et cette eau est certainement le moyen le plus économique d'arriver au résultat indiqué.

L'opération est assurément avantageuse. Avec des reprises, on ne peut mettre à terre les déblais à moins de 1 fr. 60 le mètre cube, tandis que l'appareil décrit ci-dessus a donné en moyenne par mois 22,500 mètres cubes au prix de 0 fr. 65 le mètre cube, et dans un mois où on a pu travailler 23 jours, on a mis à terre 45,000 mètres cubes, à des distances de la drague variant de 480 à 600 mètres, au prix de 33 centimes.

Voici pour terminer, quelques détails. La drague est du système Von Schmidt, le bateau a 30 mètres de longueur, 15 de large et $2^m,10$ de creux. Les machines de la roue à couteaux font 120 tours par minute, elles actionnent un arbre horizontal lequel, par deux roues d'angle, commande l'arbre vertical de la roue à couteaux. Cet arbre peut glisser dans la roue d'angle de manière que la roue à couteaux et le tuyau d'aspiration puissent descendre suivant la profondeur à draguer. Les deux chaudières ont $1^m,50$ de diamètre et $4^m,80$ de longueur; elles contiennent chacune 60 tubes de 85 millimètres.

Les conduites sont en fer et ont des rotules également en fer avec garniture en caoutchouc.

Les diagrammes d'indicateur. — L'usage des diagrammes d'indicateur, extrêmement restreint il y a à peine quelques années, commence à se répandre et M. Robert Grimshaw croit utile de prévenir, dans une note publiée dans le journal du *Franklin Institute*, contre certains abus ou supercheries dont il a été lui-même victime.

Une cause fréquente d'erreur est la substitution des copies ou reproductions aux diagrammes originaux.

Souvent aussi les lignes de pression atmosphérique et de pression à la chaudière ne sont pas relevées sur l'indicateur, mais tracées après coup sur le diagramme.

Quelquefois on ne montre que le diagramme d'un côté du cylindre, celui où la distribution est la plus favorable. On peut commettre ainsi de grosses erreurs relativement à la puissance développée par la machine.

Une cause très fréquente d'erreur est dans la disposition de la transmission de réduction du mouvement de l'indicateur; si on emploie un levier de transmission et si on place la corde dans une direction oblique, on peut arriver à donner très peu de déplacement au papier dans la première ou la dernière partie de la course du piston et, par suite, à modifier complète-

ment la position apparente de la fermeture à l'introduction, si la période d'admission est très réduite ou très prolongée.

Locomotive Shaw. — Nous avons donné dans la Chronique de février 1882, page 231, la description de la locomotive à quatre cylindres et à manivelles opposées, imaginée et construite par M. Shaw. L'Institut de Franklin a fait examiner cette machine qu'on présentait comme un grand progrès, par un comité, lequel a fait un rapport concluant comme suit :

« Les particularités de la machine examinée sont : 1° l'emploi de quatre cylindres accolés deux à deux de chaque côté de la boîte à fumée, les pistons de chaque paire ayant leurs mouvements opposés et leurs bielles commandant des manivelles à 180 degrés. A cet effet, les boutons de manivelles fixés dans les roues portent des contre-manivelles avec un second bouton placé à l'opposé du premier et ces contre-manivelles sont contre-coudées de manière à présenter au milieu une portée qui tourne dans une boîte à graisse appartenant à un châssis extérieur. Nous avons d'ailleurs donné dans la Chronique susmentionnée des figures qui représentent ces dispositions.

2° L'emploi d'un seul tiroir de forme particulière pour chaque paire de cylindres.

Les avantages revendiqués pour la machine sont : la possibilité de réaliser des vitesses plus fortes avec plus de stabilité et de sécurité et moins de dommages pour la voie, avantages dus à l'absence du mouvement de lacet provenant de l'équilibre du couple de rotation.

Le Comité reconnaît l'exactitude absolue du principe d'équilibre de la machine et a pu constater par lui-même que, à grande vitesse, la stabilité est beaucoup plus considérable et le mouvement latéral nul; mais il ne peut apprécier jusqu'à quel point ces avantages compensent la complication et le prix plus élevé de la machine; il faudrait pour cela des expériences prolongées qui ne rentrent point dans le mandat du Comité.

Il ne doit pas être passé sous silence que l'emploi de quatre cylindres avec manivelles opposées n'est pas nouveau sur les locomotives. Il avait été réalisé sur la machine *Duplex*, construite par M. John Haswell, de Vienne, qui figurait à l'exposition de Londres en 1862 et avait fait reconnaître un grand accroissement de stabilité, La machine Shaw diffère toutefois de la *Duplex* par l'accouplement de quatre roues et par la présence d'un châssis extérieur supplémentaire.

Le Comité a fait les essais suivants :

Le 20 décembre 1882, la machine étant montée sur des verrins, on a fait tourner les roues à 290 tours par minute, ce qui correspond à une vitesse de 96,600 mètres à l'heure; les oscillations n'ont été à l'avant et à l'arrière que de 10 millimètres environ; une machine ordinaire ne serait pas restée en place dans ces conditions.

Le 5 janvier 1883, la machine a été essayée sur la voie avec une charge de 242 tonnes, y compris son poids et celui de son tender.

L'essai a fait reconnaître que les conduits de vapeur et les lumières étaient trop petits pour une vitesse dépassant 15 kilomètres à l'heure.

Le 6 janvier on a fait un essai à grande vitesse, et les diagrammes d'indicateur relevés ont montré qu'en effet, les lumières et les tuyaux de vapeur avaient une section insuffisante; mais, au point de vue de la stabilité, la machine se comportait parfaitement à des vitesses de 100 et 105 kilomètres à l'heure.

Le Comité a soumis à M. Lockwood, directeur de la compagnie des machines Shaw, un programme d'expériences pour constater divers points intéressants, mais M. Lockwood n'a pas voulu accepter de prendre à sa charge la totalité des dépenses de ces expériences et celles-ci n'ont pas pu être faites, au grand regret du Comité.

En résumé, le Comité, tout en reconnaissant le mérite de la machine, ne croit pas que les avantages en soient suffisants pour justifier une renonciation aux dispositions ordinaires beaucoup plus simples; le rapport est du 5 mai 1884.

Machines pour laminoirs. — La Société des forges et aciéries de Bilbao vient de commander à MM. Tannet, Walker et Cie, de Leeds, une paire de puissantes machines Compound pour actionner des laminoirs à rails. Les machines comportent deux cylindres à haute pression de 1m,05 de diamètre, et deux cylindres à basse pression de 1m,500, la course commune est de 1m,525. Les cylindres à haute et basse pression sont en prolongement l'un de l'autre et les manivelles actionnées par chaque groupe sont à angle droit. L'arbre et les manivelles sont en acier, le premier a 0m,50 de diamètre aux portées et 0m,625 au milieu; les boutons de manivelle ont 0m,40. La distribution se fait avec des tiroirs à pistons commandés par des coulisses mues par un cylindre à vapeur pour le relevage. Ces machines ne pèsent pas moins de 400 tonnes. On a adopté le système Compound par ce que le charbon est cher à Bilbao, et, en outre, parce que les machines Compound, dépensant moins de vapeur, exigent un plus petit nombre de chaudières que les machines ordinaires.

Les mêmes constructeurs fournissent à la compagnie en question le matériel de l'installation Bessemer, parmi lequel figure une grue centrale pesant 90 tonnes, avec un axe de 0m,80 de diamètre, des pompes pour l'eau sous pression, avec des plongeurs de 0m,69 de diamètre et 0m,90 de course, des machines soufflantes à 3 cylindres, etc.

Machines à triple expansion. — Les machines à triple expansion, dont nous avons déjà eu plusieurs fois l'occasion de parler, commencent à se répandre en Angleterre. MM. Richardson et fils, de Hartlepool, viennent de monter un appareil de ce genre sur le *Jacatra* appartenant à une compagnie de navigation d'Amsterdam. Il y a trois cylindres les uns à côté des

autres dans le sens de la longueur, chacun actionnant une paire de manivelles et les trois paires étant à 120 degrés. Les tiroirs sont sur le côté et non entre les cylindres; les cylindres ont respectivement $0^m,531$, $0^m,974$ et $1^m,467$ de diamètre, la course étant pour tous de $0^m,915$, les volumes successifs sont ainsi 1, 3,65 et 7,65. La pression est de 10 kilog. et la puissance indiquée de 1200 chevaux. On a réalisé aux essais une consommation de $0^k,680$ par cheval indiqué et par heure. Avec ces machines on n'a besoin que de chaudières beaucoup plus petites, ce qui laisse une grande place pour l'approvisionnement de charbon.

MM. Rankin et Blackmore, de Greenock, viennent de construire un navire, l'*Arabian*, où ils ont mis une machine à triple expansion d'une disposition particulière et intéressante. Ce navire, destiné au cabotage, est à deux hélices. Chaque arbre d'hélice n'a qu'un coude, lequel est actionné par une paire de cylindres superposés. La paire de bâbord se compose d'un cylindre à haute pression de $0^m,225$ et d'un cylindre intermédiaire de $0^m,450$; la paire de tribord d'un cylindre à haute pression de $0^m,225$ et d'un cylindre à basse pression de $0^m,81$. La course est pour tous de 0,556. Le cylindre intermédiaire a un réservoir annulaire divisé en deux parties dont l'inférieure reçoit l'échappement des cylindres à haute pression et communique avec la boîte à tiroir du cylindre intermédiaire, tandis que la partie supérieure reçoit l'échappement du cylindre intermédiaire et porte un tuyau communiquant avec la boîte à tiroir du cylindre à haute pression.

En marche normale, l'appareil fonctionne comme machine à triple expansion, les cylindres à haute pression déchargent au cylindre intermédiaire qui évacue lui-même au cylindre à basse pression; pour les manœuvres où on fait fonctionner les hélices indépendamment ou même une seule hélice, le système de bâbord marche comme machine Compound simple sans condensation, et le système de tribord comme machine Compound simple à condensation.

La chaudière en acier a $3^m,20$ de diamètre et $2^m,80$ de longueur, elle contient deux foyers ondulés de Fox; la pression est de 10,5 kilogrammes par centimètre carré.

On voit que plusieurs maisons anglaises s'occupent de la construction des machines à triple expansion, et qu'un certain nombre de navires en ont reçu parmi lesquels les plus puissants sont ceux de la Compagnie Transatlantique Mexicaine : le *Mexico*, le *Tamaulipas* et l'*Oaxaca* donnant 5,000 chevaux indiqués, dont nous avons dit un mot dans la Chronique de février, page 250.

L'industrie minérale en Italie. — Le gouvernement italien publie très tardivement les renseignements sur l'industrie minérale, car les dernières statistiques sont celles de 1880. Elles indiquent un accroissement notable de production sur l'année précédente. La valeur totale des matières extraites des mines était de 64,219,600 francs pour 1880 contre 59,540,400 francs pour 1879.

Le soufre tient la tête avec 359,663 tonnes représentant une valeur de 36 millions de francs : viennent ensuite les minerais de fer, 289,000 tonnes valant 3 millions de francs. Le plomb argentifère a moins de poids, 37,000 tonnes, mais une valeur supérieure, 9 millions de francs. Les minerais de zinc entrent pour 4 1/2 millions de francs, les combustibles fossiles pour 1,300,000 francs. L'acide borique pour 2,470,000 francs et les minerais de cuivre pour 1,750,000 francs.

Voici quelques détails sur diverses de ces industries :

Fer. C'est l'île d'Elbe qui fournit presque tout le minerai de fer, la production a considérablement augmenté, parce que la compagnie qui exploite arrive à la fin de sa concession ; les mines de Lombardie et de Piémont ne fournissent qu'un chiffre insignifiant, 15,000 tonnes. Les usines italiennes ont produit en 1880 environ 60,000 tonnes de fonte brute, fer manufacturé et un peu d'acier. La plus grande partie du minerai est exportée en France, Belgique, Grande-Bretagne, États-Unis et Canada.

Cuivre. L'augmentation de prix du cuivre a donné une vive impulsion à l'extraction des minerais ; on a rouvert les mines d'Ollomont dans la vallée d'Aoste, il a été exporté pour l'Angleterre seule 11,347 tonnes sur 30,000.

Zinc. Pour la même raison, l'extraction des minerais de zinc a été très active. La plus grande partie provient de l'île de Sardaigne, 67,550 tonnes, un peu de la Lombardie, 13,000 tonnes et le reste du Piémont et de la Vénétie ; ces minerais s'expédient en France, en Autriche, en Angleterre et en Belgique.

Plomb. Au contraire l'extraction des minerais de plomb a diminué, par suite des conditions difficiles ou se trouvent la plupart des exploitations. Presque tout est exporté en France, en Angleterre et en Hollande.

Argent. Les minerais d'argent proviennent uniquement de la Sardaigne ; il y a eu un accroissement sensible en 1880 sur l'année précédente.

Or. L'extraction de l'or a augmenté de près de 10 pour 100 par suite du développement de l'exploitation des mines de l'Ossola. On y a traité 11,447 tonnes de minerai qui ont donné 217 kilog. d'or pur ou contenant de l'argent, d'une valeur de 640,326 francs, ce qui représente 18 ou 19 grammes d'or à la tonne. En 1879, on avait obtenu 197 kilogrammes d'or, ce qui faisait une moyenne de 21 grammes d'or à la tonne.

En 1880, l'Italie a exporté en France 2,028 kilog. d'or, et en a importé 2,549.

Combustibles fossiles. Le chiffre de 139,369 tonnes ne représente que les lignites, la tourbe n'étant pas comprise dans les statistiques. Les mines les plus importantes, celles de San-Giovanni de Val d'Arno, ont produit 50,000 tonnes. On peut estimer la production de la tourbe à 100,000 tonnes.

En 1880, l'Italie a exporté 9,000 tonnes de lignites en Suisse et en Autriche et a reçu de France, Angleterre, etc., 1,737,700 tonnes de houille et coke.

Autres matières. La diminution de la production du soufre est due aux pluies qui ont entravé le travail dans les mines de Sicile. Sur 359,600 tonnes de soufre extraites, il en a été exporté 287,000.

Le trafic du Gothard. Voici les recettes de la ligne du Gothard depuis le mois d'octobre 1883 (voir Chronique de mai 1883, page 740 et d'octobre 1883, page 458). L'année 1883 a donné une recette totale de 10,402,000 francs dont 45,5 pour 100 pour les voyageurs, et 54,5 pour les marchandises, soit, en tout, 39,100 francs par kilomètre.

Les quatre premiers mois de cette année donnent en moyenne une augmentation de 5 pour 100 sur l'année précédente.

La ligne du Rhône au Mont-Cenis, qui forme un réseau spécial du P.-L.-M., a donné en 1882, 49,025 francs et, en 1883, 46,116 francs par kilomètre.

	RECETTES				AUGMENTATION pour 100 sur l'année précédente
	Voyageurs	Marchandises	TOTALES	par kilomètre et par mois	
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Octobre 1883.....	448.000	561.000	1.010.000	3.797	— 2.2
Novembre........	300.000	480.000	780.000	2.937	— 13.6
Décembre........	212.000	518.000	730.000	2.744	+ 5.7
Janvier 1884......	200.000	460.000	660.000	2.481	+ 2.8
Février..........	240.000	500.000	740.000	2.782	— 1.0
Mars............	390.000	545.000	935.000	3.515	+ 12.4
Avril...........	400.000	530.000	930.000	3.496	+ 5.7

Navires en acier. — Dans son mémoire sur l'emploi de l'acier dans les constructions, inséré au Bulletin de janvier 1884 de la Société, M. Périssé cite le cas du navire cuirassé à coque d'acier *la Dévastation* qui a pu subir sans dommage un échouage dans des conditions dangereuses. Nous trouvons dans une pétition adressée ces jours-ci au Board of Trade par un grand nombre d'intéressés, dans le but d'obtenir un adoucissement aux restrictions qui pèsent actuellement de la part de cette administration sur l'emploi de l'acier dans les coques de navire, deux exemples non moins remarquables de la résistance extraordinaire des navires en acier.

Le *Rotomahana* s'est échoué l'année dernière à la Nouvelle-Zélande; le

navire aurait péri corps et biens, disent les rapports, si la coque avait été en fer; c'est la troisième fois qu'il a été sauvé de la même manière par la nature de sa construction.

Un autre exemple encore plus remarquable est celui du *Duke of Westminster*. Ce navire, de 3725 tonneaux de jauge, construit à Barrow en 1882, a touché il y a peu de temps sur l'Atherfield-Ledge, récif de la côte méridionale de l'île de Wight. On mit immédiatement la machine à toute vitesse à l'arrière pour dégager le navire; on y réussit d'abord, mais il échoua de nouveau et les ailes de l'hélice se brisèrent. Ce ne fut qu'au bout de dix jours qu'avec des secours on parvint à remettre le navire à flot et à le remorquer dans une forme des Victoria -Docks, sur la Tamise.

Lorsqu'on visita la carène, on n'y découvrit aucune fracture; les tôles du fond furent enlevées sur près des trois quarts de la longueur, on coupa les rivets qui les rattachaient à la quille; plusieurs des tôles étaient courbées ou renfoncées avec des flèches allant jusqu'à $0^m,10$, mais on ne put constater aucun signe de fracture.

Les Thames Iron Works chargés de la réparation se sont bornés à redresser les tôles et à les remettre en place.

Le fait que le navire a pu, sans se rompre, rester échoué dix jours, dont la moitié furent assez mauvais pour qu'on ne pût aller à bord, est bien une preuve de la solidité de la coque, et cette solidité est bien due à l'emploi de l'acier, car il n'y a aucun doute que si le navire eût été en fer, il se fût brisé en morceaux. Si les branches de l'hélice n'étaient pas venues à manquer, le navire aurait pu se dégager et continuer son voyage sans aide, car la coque ne faisait pas une goutte d'eau, malgré le renfoncement des tôles des fonds. Ceci est extrait d'un rapport de M. J.-H. Davis.

Prix d'ouvriers de la Société d'Encouragement. — Beaucoup de personnes ignorent que la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale accorde des récompenses aux contremaîtres et ouvriers qui ont longtemps servi avec zèle, activité et intelligence. On nous prie donc de rappeler à ceux de nos collègues, chefs d'industrie ou autres qui pourraient en profiter pour leur personnel, les dispositions suivantes :

« 1° La Société d'Encouragement décerne, chaque année, dans la séance générale, des médailles de bronze aux contremaîtres et ouvriers des grands établissements industriels et des exploitations agricoles de France.

« 2° Chaque médaille, à laquelle seront joints des livres pour une valeur de 50 francs, portera gravée le nom du contremaître ou de l'ouvrier, et la désignation soit de l'atelier, soit de l'exploitation agricole à laquelle il est attaché;

« 3° Le nombre de ces médailles sera de vingt-cinq à chaque distribution. Si la Société ne jugeait pas que vingt-cinq concurrents fussent dignes de cette distinction, elle diminuerait le nombre des récompenses pour ne les accorder qu'à ceux qui les méritent;

« 4° Les contremaîtres et ouvriers qui voudront obtenir ces médailles

devront se munir de certificats dûment légalisés, attestant leur moralité et les services qu'ils ont rendus, depuis cinq ans au moins, à l'établissement auquel ils sont attachés. Ces certificats devront être appuyés tant par le chef de la maison, par le maire et les autorités locales, que par les ingénieurs civils et militaires, en activité et en retraite, et par les membres de la Société d'Encouragement qui résident sur les lieux.

« Le contremaître ou l'ouvrier ne pourra être ni le parent, ni l'allié, ni l'associé, par acte, des propriétaires de l'établissement. Il devra savoir *lire* et *écrire* et s'être distingué par son assiduité à ses travaux, son intelligence et les services qu'il aura rendus à l'atelier ou à l'exploitation agricole; à mérite égal, la préférence sera accordée à celui qui saura dessiner et qui aura fait faire des progrès à la profession qu'il exerce. Enfin les certificats, en attestant que ces conditions sont remplies, donneront sur le candidat tous les détails propres à faire apprécier ses qualités. »

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

Février 1884.

Rapport de M. Lavollée sur une communication de M. Édouard Simon, relative au **Service des brevets d'invention.**

On sait qu'une mesure récente du Ministre du commerce interdit aux personnes qui prennent communication des brevets d'invention, non seulement de copier les descriptions, mais encore de prendre la moindre note.

Cette interdiction a soulevé de vives critiques, et notre collègue, M. Édouard Simon, a appelé l'attention du Comité de commerce de la Société d'Encouragement sur les inconvénients sérieux de cette mesure illibérale.

M. Lavollée, au nom du Comité de commerce, propose à la Société de demander au Ministre la modification de l'ordre en question [1].

1. La démarche a été faite, mais le Ministre a répondu que, pour diverses raisons, il se voyait obligé de maintenir la mesure.

Rapport de M. Édouard Simon sur la **Mécanique Jacquard à cylindre réduite**, de M. Jules Verdol.

Ce système s'applique aux mécaniques Jacquard, où le papier est substitué aux cartons, ce qui constitue un progrès marqué dans l'industrie du tissage façonné. Cette substitution nécessitait l'emploi d'un appareil spécial dont M. Verdol a notablement amélioré et simplifié la disposition, ce qui procure une économie sensible dans la dépense du papier brut et dans le prix de l'appareil même.

Rapport de M. Ernest Dumas sur les **Constructions mobiles** de M. Poitrineau.

Ces constructions appartiennent à divers types. Le premier comprend des bâtiments légers, tout en bois, avec toitures en zinc, de 6 mètres sur 3 mètres et $1^{m},80$ de hauteur, surmontées d'un grenier de 2 mètres de haut lesquels, réunis ensemble, permettent de former des ateliers ou des magasins bien clos, bien couverts, bien aérés et d'un prix très modéré.

Le second type comprend des constructions plus petites et montées sur roues ; on peut également les réunir pour former des bureaux, des agences d'administration ou des appartements facilement transportables.

Ce genre de construction a un intérêt réel pour les travaux où on établit généralement des bureaux, cantines, etc., qu'on démolit une fois les travaux achevés.

Rapport de M. Bardy sur les **verres de lampes** de M. P. Bayle.

Ces verres ont la forme d'un cône divergent, et donnent, en vertu de cette forme, un appel d'air plus énergique et une combustion plus complète. M. Bardy a trouvé un accroissement de lumière qui va, dans certains cas, jusqu'à 25 pour 100 sans augmentation de consommation. Ce verre permet de plus de brûler certaines huiles de mauvaise qualité, qu'on ne rencontre que trop souvent dans le commerce.

Fabrication du gaz par divers résidus de distillation, huiles de schistes, etc., air carburé, par M. Félix Le Blanc. (Extrait du rapport de la classe 53 du jury des récompenses à l'Exposition universelle de 1878, à Paris.)

Puits artésiens. — Document relatif à un projet d'alimentation de Paris par puits artésiens.

Il s'agit d'un rapport de M. Dumas au nom de la commission des puits artésiens de Paris, adressé en 1861 au Ministre des travaux publics, et concluant à ne pas adopter en principe l'alimentation de tous les services de Paris par des puits artésiens, pour diverses raisons faciles à comprendre et d'ailleurs longuement exposées dans le rapport. La publication de cette pièce avait un intérêt, parce que le travail de la Commission des puits artésiens a été brûlé pendant la Commune avec les archives de la ville.

Sur le soufflage mécanique du verre.— C'est une lettre adressée à la Société d'Encouragement par M. Bontemps, pour revendiquer la priorité du soufflage mécanique, au moyen d'un tube flexible adapté à l'embouchure de la canne du souffleur d'une part et à un réservoir d'air de l'autre, au sujet du procédé de MM. Appert frères.

Sur la **Traversée de la Méditerranée** en ballon, par M. P. Jovis.

Le ballon l'*Albatros*, parti de Marseille le 21 juin 1883, à 8 heures du soir, portant MM. Jovis, Lions et Claës, a, grâce à un courant constant du N.-N.-O et du N.-O, existant à cette partie de l'année à 1500 à 2000 mètres d'altitude, et cela malgré les vents régnant à terre, passé en vue de la Sardaigne à 1 heure et demie du matin et a pu atterrir à 10 heures du matin à Boneglio, province de Lucques, Toscane, soit un trajet de 1250 kilomètres effectué en 14 heures, ce qui donne une moyenne de près de 90 kilomètres à l'heure.

Sur la **Composition des substances minérales combustibles** (Mémoire de M. Boussingault, extrait des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*).

Mars 1884.

Rapport de M. le colonel Goulier sur un **Dispositif à prismes pour les mineurs, à fiole indépendante**, imaginé par M. Klein et exécuté par M. Berthelemy.

Rapport de M. Rousselle sur le **Garde-fou pour regard d'égout**, de M. Caillette.

C'est un garde-fou circulaire de $0^m,70$ de hauteur, qui se rabat dans le regard de l'égout, lorsqu'on ferme celui-ci.

Discours de M. Ed. Becquerel pour les obsèques de M. Du Moncel.

Discours de M. Leroux.

Mémoire relatif à la convention internationale du 20 mars 1883 et à la nouvelle loi anglaise de 1883 sur les **Brevets d'invention**, modèles, dessins, marques de fabrique et noms commerciaux, avec commentaires et conséquences, par M. Emile Barrault.

Application de l'électricité à la navigation aérienne, par M. Gaston Tissandier. — L'aérostat électrique de MM. Albert et Gaston Tissandier. — Nouvel appareil de M. Gaston Tissandier pour la fabrication du gaz hydrogène.

Une nouvelle source de caoutchouc. — C'est une plante nommée *Prameria Glandulifera*, commune dans l'Inde méridionale, qui donne des quantités abondantes de caoutchouc pur.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Mars 1884.

Notice sur les **Crues de la Saône** et de ses principaux affluents en 1882, par M. Remise, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Cette notice comprend un extrait des observations recueillies par le service hydrométrique et d'annonce des crues, organisés dans le bassin de la Saône.

Il y a eu en 1882 six crues au-dessus de la cote de 2 mètres à l'échelle de Chalon; leur durée totale a été de 97 jours, et celle des débordements de 51 jours, à quoi il faut ajouter 14 jours en janvier 1883. La crue de juillet a été la plus remarquable et celle de décembre a atteint la plus grande hauteur observée depuis 1856.

Le service d'annonce des crues a bien fonctionné, quoique récemment organisé. A Chalon et pour toute la grande Saône, le maximum a toujours été annoncé de trois à cinq jours d'avance, et l'appréciation de la hauteur a été obtenue sans plus de $0^m,10$ à $0^m,30$ d'erreur.

Mémoire sur **Quelques propriétés des courbes de pression** et de leurs tangentes et applications pratiques, par M. Gilliot, ingénieur des ponts et chaussées.

Note sur l'**Explosion d'une chaudière verticale** au forges de Marnaval (Haute-Marne).

Cette note a été publiée également dans les *Annales des Mines* (voir Comptes rendus d'avril 1884, page 526).

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DU CENTRE.

Séance du 15 *avril* 1883 *à Montluçon.*

Communication de M. Durand, ingénieur des mines de Doyet, sur les **Explosions de chaudières à vapeur**.

L'auteur s'est proposé de résumer les opinions diverses émises dans les séances de la Société de l'Industrie minérale sur les causes des explosions de chaudières. Il conclut que les explosions foudroyantes peuvent être occasionnées quelquefois par une déchirure provenant d'un excès de pression, laquelle déchirure met en jeu les effets fulminants de la masse d'eau surchauffée. Mais la vaporisation subite de l'eau d'un générateur peut également se produire par diverses causes telles que des dépressions brusques ou des condensations.

On doit également se précautionner contre des retards dans l'ébullition, cause d'explosion contre laquelle on a proposé divers remèdes, entre autres un dégagement de gaz.

Communication de M. Hennecart sur la **Régénération de la chaleur dans les fours à gaz**.

Cette note discute deux mémoires, l'un de M. de Boischevalier, lu à l'Association des Ingénieurs allemands, à Aix-la-Chapelle, l'autre de M. Lencauchez, lu au Congrès de l'Industrie minérale, à Alais. La conclusion de ces auteurs est qu'on peut se borner à réchauffer l'air destiné à brûler les gaz et que la suppression des siphons Siemens est avantageuse, là où elle est possible par suite de la position des gazogènes par rapport aux fours.

M. Hennecart considère ces conclusions comme rassurantes pour les usines où fonctionnent des appareils Siemens. Les industriels seront heureux de savoir que les sujétions inhérentes à ce système ne nuisent pas à son rendement et que, s'ils ont à construire des appareils neufs ou à en refaire d'anciens, ils peuvent en simplifier l'installation et le service sans en diminuer l'effet utile.

Communication de M. Fayol sur les **Végétaux fossiles dans la houille et le terrain houiller**.

Communication de M. Cordier sur un **Échafaudage spécial pour les réparations de cheminées d'usines.** — Cet échafaudage, dû à M. Broussais, constructeur à Lyon, a servi à refaire les joints des assises supérieures d'une cheminée de 67 mètres de hauteur de la fabrique de produits chimiques de la société de Saint-Gobain, à Montluçon, Il se compose essentiellement d'un guidage fixé sur deux génératrices diamétralement opposées, et d'un échafaudage mobile le long de ce guidage et entourant la cheminée. Le guidage est formé de pièces de sapin de 170 $^m/_m \times 70$, sur la grande face desquelles sont fixés des fers à U.

Une des petites faces porte des crans formant crémaillère.

L'échafaudage porte deux fers carrés qui glissent dans le creux des fers à U et des cliquets d'arrêt qui s'engagent dans les crans de la crémaillère.

Les ouvriers et les matériaux sont élevés dans des bennes montées par une petite grue. Cet appareil donne lieu à une sérieuse économie. Ainsi la main-d'œuvre de restauration de la cheminée dont il s'agit n'a coûté que 200 francs le mètre courant de hauteur, y compris location de l'échafaudage, montage et démontage, avec quatre ouvriers spéciaux et deux manœuvres.

Communication de M. Gibon sur l'**Inoxydation du fer, de la fonte et de l'acier.** — Il s'agit des procédés Barff et Bower, qui consistent à produire sur la surface du métal de l'oxyde magnétique.

L'auteur fait remarquer que l'application de ce procédé à la fonte a l'avantage de produire un recuit en vase clos qui fait perdre à certaines fontes très cassantes toute leur fragilité, par exemple des marmites fabriquées en fonte très phosphoreuse des Ardennes.

Communication de M. Cordier sur l'**Emploi des pyrites grillées comme minerai de fer.** — Les pyrites grillées dans un four au moyen du calorique dégagé par la combustion du soufre, donnent un résidu de peroxyde de fer mélangé avec la gangue de la pyrite et ne contenant pas plus de 1 à 1 1/2 pour 100 de soufre. Ces résidus sont agglomérés avec de la chaux hydraulique; les briquettes sont séchées et peuvent ensuite être employées au haut fourneau.

Procédés métallurgiques de M. de Soulages. — M. de Soulages établit en ce moment à Montjean (Maine-et-Loire) un ensemble de dispositions pour l'emploi des minerais à l'état pulvérulent.

Ces procédés reposent sur les deux lois suivantes :

1° Tout minerai est relié à sa gangue par une ou plusieurs molécules d'eau de cristallisation ou de combinaison dans un plan de juxtaposition; l'évaporation de cette eau permet seule la séparation mécanique des deux corps;

2° Tout intermédiaire entre le minerai et l'oxyde de carbone diminue la

valeur de celui-ci comme combustible, comme réducteur et comme carburateur. Dans ce cas, le produit est impur et de conditions incertaines. Sans intermédiaire, l'action a son maximum d'effet, une marche graduée, et le produit obtenu possède des qualités exactement déterminées par les moments de son obtention.

Les procédés de M. de Soulages comprennent trois points :

1° L'enrichissement des minerais par leur séparation des gangues qu'ils renferment, au moyen de leur classification par volume et par densité ;

2° L'idée de réduction par l'oxyde de carbone ;

3° La mise en contact de l'oxyde de carbone et des oxydes métalliques en dehors de toute action étrangère et notamment de l'air atmosphérique.

Le minerai est préparé par concassage, broyage et classage par volume et par densité, ce dernier opéré par un appareil spécial à force centrifuge.

L'oxyde de carbone, agent essentiel de la réduction, est préparé par la réaction du charbon de bois sur de l'acide carbonique obtenu par la décomposition du carbonate de chaux par la chaleur. Ces procédés vont être prochainement expérimentés sur une assez grande échelle.

Séance du 1er mars 1884, à Saint-Étienne.

Communication de M. Boudinhon sur l'**Explosion des mines de Ferfay (Pas-de-Calais)**. — Cette explosion, arrivée au mois de janvier dernier, avait été attribuée à une explosion de grisou au front de taille d'une galerie, et l'autorité préfectorale avait, sur le rapport des ingénieurs des mines, déclaré qu'il y avait eu coup de grisou par défaut d'aérage et ordonné des mesures dont la conséquence avait été la suspension partielle des travaux.

On a découvert plus tard la cause réelle de l'accident dû, paraît-il, à l'explosion d'un coffre contenant de la dynamite, explosion qui a produit un éboulement et une inflammation de grisou.

De la constitution moléculaire et des propriétés physiques du fer et de l'acier. — M. Garen adresse un mémoire sur les travaux du professeur Hughes sur la constitution moléculaire et les propriétés physiques du fer et de l'acier. Le magnétisme permet d'établir une distinction entre le fer et l'acier, et la capacité magnétique peut être mesurée à l'aide d'une balance magnétique.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 15. — 12 *Avril* 1884.

Échange de chaleur par les parois des cylindres à vapeur, par F. Grashof.

Disposition et division des puits de mines, par F. Baumann.

Prix de revient du transport sur les chemins de fer et les canaux, par Von Borries.

Chauffage et ventilation. Construction des habitations dans les pays chauds. — Influence de la température des murailles. — Coût de la ventilation mécanique. — Poêle domestique de Scharrath.

Mines. Emploi des grosses mines dans les carrières. — Minerais de fer en Virginie.

Métallurgie. Le zinc.

Groupe de Saxe. Constructions en béton. — Soupapes d'épreuve pour chaudières à vapeur.

Patentes.

Variétés. Machines du navire de guerre italien *Francesco Morosini.* — Concours. — Production des mines, salines et forges de l'empire allemand et du Luxembourg, pendant l'année 1882.

N° 16. — 19 *Avril* 1884.

Échange de chaleur par les parois des cylindres à vapeur, par F. Grashof (*suite*).

Notes sur l'exposition internationale d'électricité à Vienne en 1885, par C. Fink.

Principe du travail de moindre déformation, par R. Krohn.

Forges. Régénération du gaz des hauts fourneaux.

Électro-technique. Éclairage électrique des trains de chemins de fer.

Métallurgie. Le plomb.

Groupe de Breslau. Fonderie de tuyaux de l'usine royale de Gleiwitz.

Groupe de Manheim. Bronzes d'art. — Travaux préparatoires pour la distribution d'eau de Manheim.

Groupe de la haute Silésie. Installation de criblage et de chargement à la fosse Mathilde, à Ostfeld. — Données pratiques pour la construction des machines.

Patentes.

Bibliographie. L'industrie minière de la Suède, par G. Nordenstrom.

Correspondance. Destruction du fer.

Variétés. Lancements et essais de navires. — Procédé universel contre les incrustations de chaudières. — Coût de l'emploi des accumulateurs.

N° 17. — 26 *Avril* 1884.

Machines élévatoires des eaux de Pirmasens, par J.-F. Meyjes.

Notes sur l'exposition internationale d'électricité à Vienne en 1883, par C. Fink (*suite*).

Observations sur le travail élastique dans la résistance à la traction, par C. Hutzelsieder.

Coefficient de résistance par frottement dans les tubes en fer.

Machine soufflante rotative de Stewart.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. Influence de la compression de la vapeur.

Groupe de Saxe.

Société technique des chemins de fer. Chemins de fer aériens de New-York. — Normales pour le matériel roulant des chemins de fer de l'État prussien pour les lignes secondaires. — Appareils électriques pour signaux et avertisseurs à feu.

Patentes.

N° 18. — 3 *Mai* 1884.

Conditions de travail des roues à aubes et des hélices, par W. Riehn.

Expansion et compression avantageuses dans les machines à vapeur, par R. Werner.

Machine à vapeur de l'avenir.

Roues de wagons en papier.

Groupe de Hanovre. Locomotives Compound.

Patentes.

Correspondance. Expériences sur la résistance des fils métalliques.

Variétés. Lancements et essais de navires.

N° 19. — 10 *Mai* 1884.

Conditions de travail des roues à aubes et des hélices, par W. Riehn (*suite*).

Le nouveau pont sur le Niagara, par C.-C. Schneider.

Gaz contenus dans l'acier.

Hydrodynamique et Électro-magnétisme.

Groupe de Hanovre.

Groupe du Rhin inférieur. Indicateurs pour diagrammes continus.

Groupe de Wurtemberg.

Patentes.

Bibliographie. Ouvrages reçus par la Société.

Variétés. Lancements et essais de navires.— Procédés d'épreuves à l'usage des services municipaux et des ateliers de construction.

N° 20. — 17 *Mai* 1884.

Le nouveau pont sur le Niagara, par C.-C. Schneider (*suite*).

Conditions du travail des roues à aubes et des hélices, par W. Riehn (*suite*).

Expansion et compression avantageuses dans les machines à vapeur, par R. Werner (*suite*).

Système de mise à l'eau des embarcations de Robinson.

Groupe de Hanovre. Essais des combustibles et chauffage des chaudières à vapeur. — Acide carbonique liquide.

Patentes.

Bibliographie. Ouvrages reçus par la Société.

Variétés. Lancements et essais de navires. — Emploi des colonnes en fonte. — Concours pour les installations de chauffage et de ventilation du nouveau palais du Reichstag, à Berlin. — Statistique des patentes. — École pratique supérieure de Brieg.

BIBLIOGRAPHIE.

M. Rothschild, éditeur à Paris, a bien voulu offrir à la Société un certain nombre d'ouvrages qui ont été annoncés dans la séance du 7 mars. Nous y avons remarqué les suivants :

Les chemins de fer français, par M. A. Picard, ingénieur en chef des ponts et chaussées, ancien directeur des chemins de fer au Ministère des travaux publics. 4 volumes avec deux cartes.

Cet ouvrage est la collection complète des documents officiels relatifs à l'établissement des chemins de fer français depuis l'origine jusqu'en 1879. On doit avoir une grande reconnaissance à M. Picard d'avoir profité de son court séjour au Ministère pour réunir et classer cette énorme quantité de pièces dont plusieurs n'avaient jamais été publiées; il aura rendu ainsi le plus grand service à ceux qui voudront écrire l'histoire complète des chemins de fer français, ou plutôt il aura lui-même fait la majeure partie de cette histoire, la partie administrative, car il ne s'agira plus guère que de relier ensemble les divers actes qui ont présidé à la constitution des

diverses lignes ferrées de notre réseau et à y ajouter une partie descriptive, laquelle a déjà été faite séparément pour quelques-unes.

L'auteur explique qu'il a dû suivre pour l'exposition de ces documents l'ordre chronologique, le seul applicable dans l'espèce, étant donnés la multiplicité et la variété des faits qui y sont relatés.

Chacun des trois premiers volumes comprend une grande période dont chacune comporte d'ailleurs des subdivisions déterminées par des faits importants et caractéristiques.

Ainsi le premier volume correspond à la période d'essai et d'enfantement du réseau, ainsi qu'à ses premiers développements sous la Monarchie de Juillet et la République de 1848. On y trouve des faits peu connus de notre génération. La première concession est celle du chemin de fer d'Andrezieux à Saint-Étienne, 23 kilomètres, du 26 février 1823; ce chemin n'a été mis en exploitation qu'en 1828. Cette concession, comme deux ou trois autres suivantes, était perpétuelle, sans réserve de reprise par l'État. La concession du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, qui est la deuxième, fut donnée par adjudication avec un cahier des charges, qui est l'embryon des cahiers des charges actuels, à Seguin frères, Biot et Cie, le 27 mars 1826; la mise en exploitation eut lieu par sections de 1830 à 1832. Elle était également perpétuelle. Ce n'est qu'en 1883 qu'apparaît la limite de 99 ans, dans la concession du chemin de fer de Montbrison à Montrond, laquelle fut également la première faite par une loi; ce chemin devait être établi en partie sur une route, disposition qui donna lieu, ainsi que la question de l'emploi des machines locomotives, à de sérieuses discussions à la Chambre des députés.

Le premier acte d'une importance sérieuse est la loi du 27 septembre 1833 ouvrant un crédit pour des études de chemin de fer.

On peut citer également comme étapes remarquables la concession du chemin de fer de Saint-Germain en 1835, celle des deux lignes de Versailles en 1836, des chemins de Strasbourg à Bâle et d'Orléans en 1838, et, en 1842, la loi du 14 juin qui concerne l'établissement des grandes lignes de chemins de fer et leur dotation. Le premier volume se termine à la fin de 1851, époque à laquelle le réseau français comptait 3626 kilomètres de chemins de fer en exploitation.

Le second volume comprend la période de 1852 à 1870 qui est sans contredit la plus importante; il embrasse par suite toute l'ère des fusions et des concentrations entre les mains d'un petit nombre de compagnies et des conventions de 1859, 1863 et 1868 qui, sauf quelques modifications, subsistent encore aujourd'hui. A la fin de 1870 il y avait 17,925 kilomètres en exploitation, soit un accroissement de 14,299 kilomètres pour cette période de 18 années.

Le troisième volume est consacré à la période de 1871 à 1879, on voit apparaître presque dès le début les idées de rachat par l'État et l'année 1878 se signale par la constitution du réseau de l'État à la suite de la mauvaise réussite d'un certain nombre de compagnies secondaires, événements trop récents pour qu'il soit besoin d'insister.

Nous remarquons en 1879 l'institution du Comité d'exploitation technique des chemins de fer. A la fin de 1879, il y avait en France 25,183 kilomètres en exploitation, soit un accroissement de 7,258 pour cette période de 9 années, ce qui donne, chose singulière, une moyenne annuelle exactement égale à celle de la période précédente.

Nous croyons utile de reproduire le tableau de la situation des chemins de fer français d'intérêt général à la fin de 1882.

	EN Exploitation	EN Construction	DÉCLARÉS d'utilité publique	NON DÉCLARÉS d'utilité publique	TOTAL
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Chemins concédés..........	22320	1487	333	143	24333
Réseau de l'État...........	2084	530	5	3	2622
Chemins non concédés.....	1923	3633	4163	4105	13827
TOTAL.....	26320	5650	4551	4252	40782

Il faut ajouter à la même date 310 kilomètres de chemins de fer industriels, dont 242 en exploitation, et 3,622 kilomètres de chemins de fer d'intérêt local, dont 2,306 en exploitation, 119 en construction et 1,197 à construire.

Le quatrième volume de l'ouvrage de M. Picard est une annexe composée de documents divers de trop grande longueur pour qu'il ait été possible de les mettre dans le texte, tels que, actes de concession, conventions avec les grandes compagnies, constitution du réseau de l'État, etc., ainsi que des tableaux statistiques et renseignements divers sur la construction et l'exploitation des chemins de fer.

Comme nous le disions au début, ce travail sera très apprécié des personnes qui s'occupent des questions de chemins de fer, surtout en ce qu'il leur fournit sous forme condensée une foule de renseignements et documents historiques, administratifs ou statistiques qu'auparavant il fallait aller chercher les uns après les autres dans diverses publications assez nombreuses pour former une véritable bibliothèque et dont la réunion n'eût d'ailleurs pas été à la portée de tout le monde.

Causeries scientifiques, par M. H. DE PARVILLE, années 1878, 1879, 1880 et 1881.

M. de Parville a su se faire une place à part dans la presse scientifique par ses causeries arrivées à leur vingt-unième année. Ces quatre derniers volumes sont aussi intéressants que les précédents par la variété de leur composition et la manière claire, nette et élégante, avec laquelle sont exposés les faits, les découvertes, les théories, dans l'ordre scientifique ou dans le domaine industriel.

Nous citerons entre autres le volume consacré à l'exposition universelle

de 1878, où on trouve une description de l'Exposition et des articles des plus sérieux sur les diverses branches d'industries ou de travaux tels que les expositions de la ville de Paris, du Ministère des travaux publics, du Creusot, les machines motrices et autres, les chemins de fer, les tramways, la télégraphie électrique, etc. Ce volume est illustré de 250 figures d'une exécution très soignée.

Traité pratique du reboisement et du gazonnement des montagnes, par M. P. Demontzey, conservateur des forêts.

L'importance de la question du reboisement et du gazonnement des montagnes n'est plus à démontrer. Comme le disait M. Hervé-Mangon en présentant à l'Académie des Sciences l'ouvrage de M. Demontzey, on reste confondu de la grandeur des résultats obtenus comparés à la simplicité et à l'économie des moyens employés.

Appelés à lutter contre la puissance destructive des torrents et des intempéries, les ingénieurs forestiers n'ont pas cherché à la vainçre par de dispendieux travaux de maçonnerie cyclopéenne; comme Bremontier l'avait fait pour la fixation des dunes, ils ont demandé à la force de la végétation de leur fournir les matériaux vivants de la consolidation des terrains et déjà l'expérience apprend que la forêt parvient, en peu de temps, à étouffer les plus redoutables torrents.

L'ouvrage dont nous nous occupons étudie successivement la formation des torrents, leur travail dans le sein des montagnes, le tracé des zones de défense, l'exécution des travaux ; puis il passe à la question du reboisement, choix des essences et leur répartition dans les diverses régions forestières, l'exécution des travaux de reboisement et de gazonnement, ainsi que leur entretien. Un grand nombre de figures aide à l'intelligence du texte.

M. Baudry, éditeur à Paris, a adressé à la Société de la part de l'auteur un important ouvrage intitulé **Recherches théoriques et expérimentales sur les oscillations de l'eau et les machines hydrauliques à colonnes liquides oscillantes**, par M. le marquis A. de Caligny, correspondant de l'Institut de France, Académie des sciences. 2 volumes avec huit planches.

On sait que M. de Caligny s'est particulièrement occupé depuis un grand nombre d'années de recherches sur les mouvements des ondes liquides, recherches qui l'ont conduit à des applications intéressantes des oscillations de l'eau dans les tuyaux. L'auteur a réuni les divers mémoires présentés par lui depuis 1837 aux Sociétés savantes sur ces questions pour former l'ouvrage dont il s'agit.

Le premier volume est consacré à l'exposition d'un grand nombre d'expé-

riences faites par M. de Caligny sur la manière dont l'eau se comporte dans les conditions les plus variées, savoir oscillation de l'eau dans les tuyaux, frottements, étranglements, tant dans les tuyaux que dans les conduits découverts, tourbillons des veines liquides, phénomènes dus aux ajutages divergents, formation des ondes, leur vitesse et leurs effets sur les digues, les plages inclinées et les enrochements, les phénomènes de succion des liquides en mouvement.

Le second volume se réfère principalement aux applications faites par l'auteur de ses théories et de ses recherches; la principale est le système d'écluses de navigation ayant pour objet le remplissage d'un sas en tirant une partie de l'eau du bief inférieur et son vidage en relevant une portion de l'eau au bief supérieur, système appliqué à l'écluse de l'Aubois, près Fourchambault, sur le canal latéral à la Loire, système d'ailleurs amélioré et simplifié depuis par M. de Caligny; les autres applications consistent en machines pour épuisements, pompes sans piston ni soupapes, moteurs hydrauliques, machines soufflantes, application des vagues aux épuisements, etc.

Les travaux de M. de Caligny sont de premier ordre, mais ils n'étaient peut-être pas assez connus en dehors du monde savant, et l'auteur a bien fait de les réunir sous forme d'ouvrage, ce qui facilite les recherches et donne corps à une série de phénomènes qui constituent, pour ainsi dire, une nouvelle branche de l'hydraulique, importante par les explications qu'elle peut fournir sur des faits naturels, tels que la houle, les fontaines naturelles, la formation des plages, etc., et par les applications qui peuvent en être faites à des appareils industriels.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. Mallet.

Paris. — Imp. E. Capiomont et V. Renault, rue des Poitevins, 6.

IE »

6vol,196. — DÉTENTE EFFI

TABLEAU N° 1.

GRANDS C

PRESSIONS				CES INDIQUÉES		POIDS de vapeur au grand cylindre	ORDONNÉES au-dessous du théorique
INITIALES		FINALES					
graphiques	calculées	graphiques	calculées	e	total des deux cylindres		
k	k	k	k		ch.	k	k
1,790	2,518	0,7290	0,8754	2	1090,7	7578	0,3282
1,645	2,889	0,6862	1,0095	3	1096,1	7400	0,6684
1,725	2,445	0,6200	0,8500		996,8	6446	0,3097
1,590	2,535	0,6500	0,8866	4	1047	6828	0,3686
1,975	2,720	0.7896	0,9450	1	1057,3	8161	0,2999
1,860	2,713	0.8157	0,9480	3	1160,8	8531	0,2947
10,525	15,820	4,2905	5,5145	3	6448,7	44944	2,2695
1,754	2,6366	0,7151	0,9191	7	1074,8	7490,6	0,3782

TE NOMINALE, 8vol,1045 ECTIVE, 4vol,52325

1,500	1,970	0,6760	0,6850	2	916,4	6608	0,1354
1,520	2,089	0,7444	0;7300	4	937,8	7310	0,1330
1,478	1,997	0,6740	0,6940	1	877,2	6586	0,1490
1.485	2,109	0,7370	0.7370	8	986,3	7290	0.1800
1,480	1,973	0,6780	0,6860	5	882,6	6590	0,1140
1,530	2,088	0,7298	0,7298	4	979	7194	0,1360
8,993	12,226	4,2392	4,2618	4	5579,3	41578	0.8474
1,499	2,037	0,706	0,7103	06	929,9	6929,7	0,1412

nprimerie E. Capiomont et V. Renault.

PRESSION INITIALE DÉDUITE DE FINALE

Le coefficient de détente d'initial à final =

$= 2^{vol},698 = \frac{k}{n} = 0,3485 = \log.\ 9,54225$

Pression finale moyenne	=	$0^k,706$	= log.	9,84880
$\frac{k}{n}$	=	0 ,3485	=	0,54225
p_1	=	$2^k,025$	=	0,30655

PUISSANCE INDIQUÉE

Par différence entre Courbes			Par différence entre Courbes	PAR L'AIRE DU DIAGRAMME	
Positives +			Négatives —		
0,0 $\frac{1}{2}$	0,749		$\frac{1}{2}$ 0,266	0.05 × 0,1 =	0,1040
0,1	1,492		0,417	0,15	0,1025
0,2	1,365		0,337	0,25	0,0900
0,3	1,230		0,348	0,35	0,0785
0,4	1,110		0,362	0,45	0,0690
0,5	1,044		0,373	0,55	0,0620
0,6	0,990		0,384	0,65	0,0560
0,7	0,948		0,396	0,75	0,0505
0,8	0,877		0.416	0,85	0,0410
0,9	0,782		0,442	0,95	0,0220
1,0 $\frac{1}{2}$	0,353		$\frac{1}{2}$ 0.340		
+	10,940		— 4,081		
—	4,081				

$p_m = \frac{6,859}{10} = 0^k,6859$ | $p'_m = 0,6755$

$p_m = 0^k,6859 =$ l. 3,83626	$p'_m = 0,6755 =$ l. 0,82963
$S_m = 2,804$ 0,44778	$S_m = 2,804 =$ » 0,44778
concret (voir petit cyl.) 8,32698	concret = 8,32698
$t_m = 408,3^{chx} = 2,61102$	$t'_m = 402,16^{chx} = 2,60439$

Puissance indiquée moyenne $405^{chx},23$

Paris, Imprimerie E. Capiomont et V. Renault.

RECHERCHE DE L'A…

$\frac{P_f}{P_1}$	$3,409^k$	=
	6,358	»
…olu. exp.	1,801	lo…
…écimales	1,000	=
	1,801	=
=	0,5553	

…NCE INDIC…

…urbes …atives —	PAR L'AIRE…
0,902	0,05
1,659	0,15
1,541	0,25
1,451	0,35
1,374	0,45
1,286	0,55
1,209	0,35
1,146	0,75
1,197	0,85
2,497	0,95
1,248	
…5,510	
…,943	P'_m
…59583	$P'_m = 3^k,96$…
…79944	$S_m = 0^{m2},6$…
…32698	concret.
…2225	

…ée moyenne

TRANSVASEMENT DI

TABLEAU N° 3

..ION	
	0,22583
	0,81291
..).	9,41292
	0,00000
	0,55400
	9,44600

GRANDS

HAU

p_i	Pression initia
p_f	— finale
p_m	— moyer
t'_m	Puissance indi
T_m	— tota
Q^1	Poids de vapeu
q	— —
N	Détente totale

RECHERCHE DE LA PRESSION INITIALE

Σ = 0,015 vol + tiroir 0,005 vol = 0,020 vol

1 vol,0775 — reprise de comp. 0,0175 = 1 vol,06

nette du piston = 4,m²000

l'éduction V + Σ = 8 m³,120

r = 1k,682 = log. 0,22583

hute 1 vol,06 = log. exp. 9,97321

1k,582 = 0,19904

ÉTABLISSEMEN

ORDONNÉ

.iagramme
0,610
0,607
0,602
0,426
0.375
0,225
0,163
0,116
0,073
0,030
3,227
4,50880
0,00000
0,60206
5,11086
1,87506
3,23580

course			
à 0,0	0,19904	=	1,
	9,88720		
à 0,1	0,08624	=	1,
	0,19904		
	9,79700		
à 0,2	9.99604	=	0,
	0,19904		
	9,72070		
à 0,3	9,91974	=	0,
	0,19904		
	9,65590		
à 0,4	9,85494	=	0,
	0,19904		
	9,59870		
à 0,5	9,79774	=	0,
	0,19904		
	9,54930		
à 0,6	9,74834	=	0,
	0,19904		
	9,50250		
à 0,7	9,70154	=	0,
	0,19904		
	9,46100		
à 0,8	9.66004	=	0.
	0,19904		
	9,42270		
à 0,9	9,62174	=	0,
	0,19904		
	9,38755		
à 1,0	9,58659	=	0,

Moyenne des ordon

PUISSANCE INDIQUÉE

Par la pression initiale de 6k,50

..érence entre courbes		Par l'aire du diagramme	
	k		k
positives.	0,7290	à 0,05	0,132
		à 0,15	0,102
négatives.		à 0,25	0,083
re-pression	0,0974	à 0,35	0,071
		à 0,45	0,061
		à 0 55	0,052
		à 0,65	0,044
		à 0,75	0,038
		à 0,85	0,031
		à 0,95	0,022
	0,6316	p'_m	0,636
0,6316 = l.	3,80044	p'_m = 0,636 = l.	3,80346
4m²,00 =	0,60206	4m²,00	0,60206
4m,00 =	0,60206	4m,00	0,60206
	5,00456		5,00758
km. =	1,87506	75km. =	1,87506
chx 1347,4 =	3,12950	t'_m = chx 1356,8 =	3,13252

Par la pression initiale de 8k,50

ce indiquée à 6k,50	=	chx 3.073,90
nt du trapèze 2k × 0,25 = l.	3,69897	
du piston 4m,00 =	0,60206	
	4,30103	
75km =	1,87506	
	2,42597 =	266,70
..ur machine	=	3.340,60

Paris, Imprimerie E. Capiomont et V. Renault.

UR LA CONSTITUTION DU DIAGRAMME. TABLEAU N° 4.

COMPRESSIONS

T CYLINDRE	DANS LE GRAND CYLINDRE
97 = log. 0,07809	Pression initiale (1) = 0,330 = log. 9 51851
97 » 0,39742	» finale 0·531 » 9,72509
2ᵛ,03 = l. exp. 9,68067	Volumes comprim. 1,507 = l. exp. 9,79342
– 0,1224 (2) = 0,1260	$\Sigma_0^{moy.}$ 0^{vol},07162 × 1^{v},567 — 0,07162 (3) = 0,0406
rse = 0^{c},1260	Compression pendant course = 0^{c},0406
à 0^{c},874	Compression commence à 0^{c},9594

désigne la pression existant dans le cylindre au moment où l'échappement cesse et la com-
finale, est la fin de la compression, au moment où une admission nouvelle se produit pour

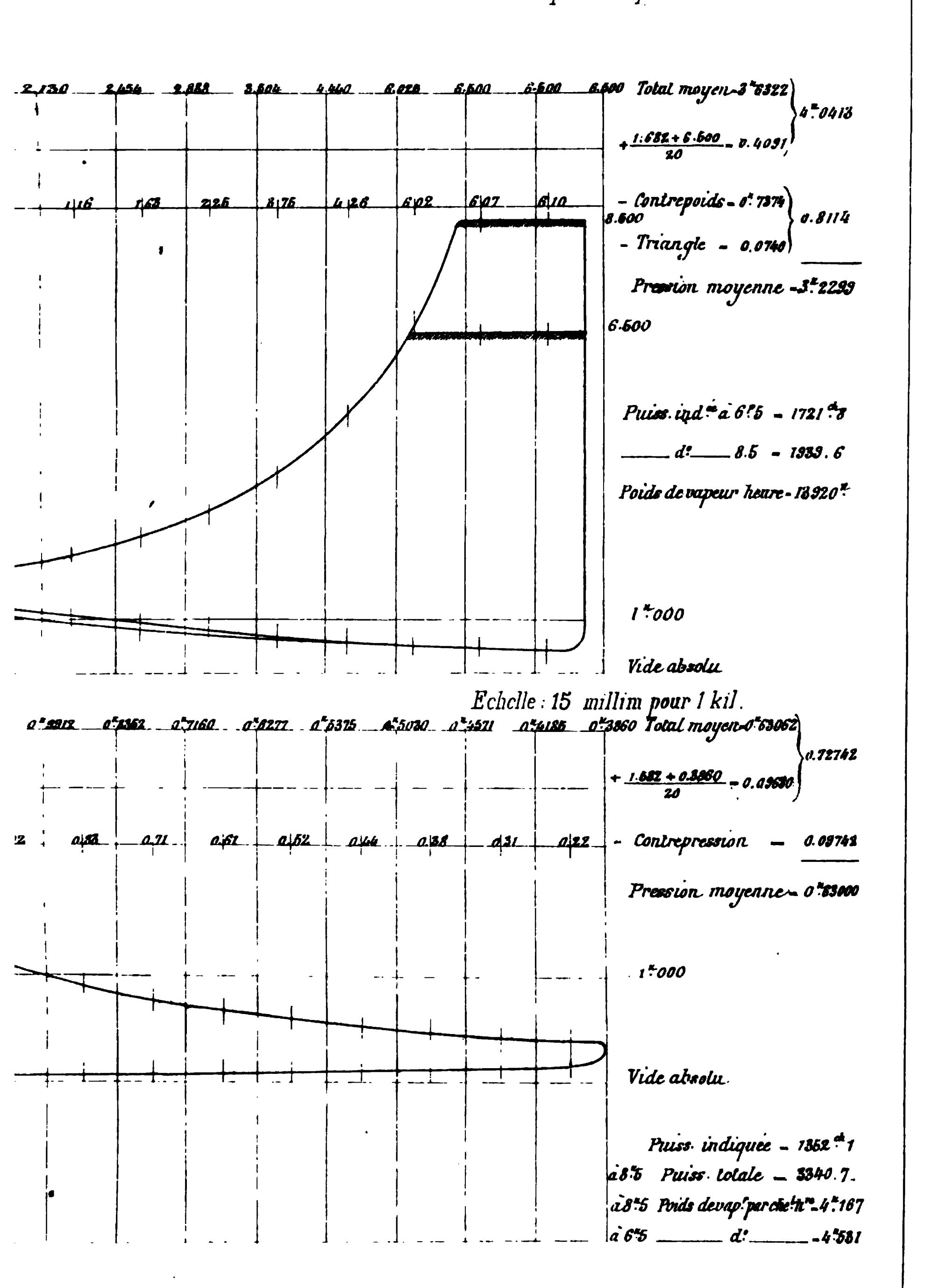
ren.
ren.

Paris. Imprimerie E. Capiomont et V. Renault.

Machines système Queruel

…haut et bas

Echelle : 7.5 millim p.r 1 kil. de pression.



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUIN 1884

N° 6

Pendant le mois de juin la Société a traité les questions suivantes :

1° *Emploi de l'acier dans les constructions navales, civiles et mécaniques* (suite de la discussion du mémoire de M. Périssé sur l') (Séance du 6 juin, page 641).

2° *Propriété industrielle.* (De la nécessité de concentrer, dans un même établissement, tous les services administratifs concernant la protection de la). (Séance du 6 juin, page 659).

3° *Relations industrielles et commerciales entre l'Amérique du Sud et la France*, par M. Plazolles (Séance du 6 juin, page 660).

4° *Situation financière de la Société* (Séance du 20 juin, page 669).

5° *Médailles d'or décernées aux meilleurs Mémoires* (Séance du 20 juin, page 671).

6° *Minerais sulfurés de nickel et de cobalt* (nouveau procédé de traitement des), par M. Jules Garnier (Séance du 20 juin, pages 674 et 715).

7° *Irrigations* (Entreprise de travaux d'), par M. Cotard (Séance du 20 juin, page 674).

Pendant le mois de juin la Société a reçu :

De M. Parent, membre de la Société, un exemplaire de l'*Album de 94 planches autographiées se rapportant à des ouvrages métalliques en construction sur le réseau des chemins de fer de l'État.*

De M. Vauthier, membre de la Société, 1° des exemplaires des *Procès-verbaux des séances du Conseil municipal;* 2° des *Rapports de la Commission, amendements, contre-projets ;* 3° des *délibérations prises dans la séance du* 25 *juin* 1880, *le tout relatif à la grande question de* Tout a l'égout.

De M. Hourier, membre de la Société, une note sur les *Missions techniques et commerciales à l'étranger.*

De M. Touchet, membre de la Société, une note sur le *Rouleau compresseur électrique de M. E. Gellerat.*

De M. le Ministre des Travaux publics un exemplaire du *Manuel hydrologique du bassin de la Seine*, par M. de Préaudeau, ingénieur des ponts et chaussées.

De M. Pontzen, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur la *Première application à Paris, en* 1883, *de l'assainissement suivant le système Waring.*

De M. de Cœne, membre de la Société, un exemplaire du compte rendu des *Travaux de la Société de défense des intérêts de la vallée de la Seine.*

De M. Paul Charpentier, membre de la Société, un exemplaire de ses trois communications faites à l'Académie des sciences, 1° sur la *Détente adiabatique de la vapeur d'eau ;* 2° sur le *rendement maximum que peut atteindre un moteur à vapeur;* 3° sur les *Divers rendements que l'on doit considérer dans les machines à vapeur d'eau.*

De M. Laming, membre de la Société, un album de photographies collection des *Lanternes à gaz de la ville de Paris.*

De M. Hersent, membre de la Société, un exemplaire de son étude sur les *Nouvelles installations maritimes du Havre et l'achèvement des digues de la Seine.*

De M. Baudson, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage intitulé : *Tracé des Chemins de fer, Routes, Canaux, Tramways,* etc.

De M. Lavalard, membre de la Société, un exemplaire de ses *Rapports sur les opérations du service de la cavalerie et des fourrages pendant l'exercice 1883 à la Compagnie générale des Omnibus.*

De M. Flament, Henri, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur la *Mouture rationnelle système Saint-Riquier* et un exemplaire de ses observations générales sur l'*Emploi du diagramme appliqué à la démonstration du système Saint-Riquier.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Assi,	présenté par MM.	Carimantrand, Génès et A. Moreau.
	Browne	—	Brüll, de Cœne et Gottschalk.
	Cabasse	—	Dorange, Rabinel et Vergnol.
	Combelles	—	Cotard, Level et A. Moreau.
	Destabeau	—	Carimantrand, Lainé et Mallet.
	Garnier	—	Armengaud aîné, Delage et Lecouteux
	Hegelbacher	—	Jordan, E. Muller et H. Tresca.
	Marnay	—	Carimantrand, L. Martin et A. Moreau.
	Merklen	—	Bécard, Bourgougnon et Contamin.

Comme Membres associés :

MM.	Brancher	présenté par MM.	Delpeuch, de Nansouty et Vallot.
	Taittinger	—	Brichaut, Capdevielle et Leverbe.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1884

Séance du 6 Juin 1884.

PRÉSIDENCE DE M. Louis MARTIN.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 16 mai est adopté.

Messieurs, M. Douau qui, par ses attributions est retenu loin de Paris, se trouve dans l'impossibilité de continuer à remplir les fonctions que vous lui aviez confiées, a donné sa démission de secrétaire de la Société. Nous avons donc à le remplacer. Aux dernières élections M. Clerc a obtenu 82 voix; il accepterait les fonctions de secrétaire, si vous voulez bien l'élire.

Le scrutin est ouvert pour la nomination d'un secrétaire. M. Clerc ayant obtenu 39 voix sur 40 votants est élu secrétaire en remplacement de M. Douau démissionnaire.

M. LE PRÉSIDENT fait part du décès de MM. Hervier Charles, Pouchet et Séraphin.

M. LE PRÉSIDENT annonce ensuite la nomination de M. Delaperrière comme commandeur de l'ordre de Charles III d'Espagne et celle de MM. Peny et Prosper Hanrez comme chevaliers de l'ordre de Léopold de Belgique.

M. LE PRÉSIDENT. La Société a reçu de M. Vauthier, membre de la Société, un dossier de documents relatifs à la grande question de *Tout à l'Égout*.

Vous n'ignorez pas, Messieurs, qu'une enquête est ouverte en ce moment dans toutes les mairies de Paris, sur la question de l'assainissement de la capitale et du « tout à l'égout. » M. Vauthier a bien voulu nous communiquer les pièces concernant cette importante question; elles sont à la disposition des membres qui voudraient les consulter; ce sera peut-être l'occasion de revenir sur cette question et d'engager une discussion importante sur l'assainissement de Paris, pour lequel le dernier mot n'est pas encore dit.

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion du mémoire de M. Périssé, sur l'*Emploi de l'acier dans les constructions navales, civiles et mécaniques.*

M. LE PRÉSIDENT. M. Morandiere qui a pris la parole dans cette discussion à l'avant-dernière séance, ne pouvant assiter à la séance d'aujourd'hui, m'adresse un complément d'observations sur les ponts américains dont il me prie de donner communication.

« L'acier a été employé dans une forte proportion pour les ponts de Plattsmouth et de Bismarck, construits en 1880 et 1882, par M. G. Morison, ingénieur en chef.

« Chacun de ces ponts comporte plusieurs grandes travées de 122 mètres de portée du système Linville.

« Dans chacune des grandes travées du pont de Plattsmouth il entre 159 tonnes de fer et 221 tonnes d'acier, soit 58 pour 100 de ce dernier métal.

« L'acier fabriqué au four Martin devait présenter les résistances suivantes :

« 34 kil. par millimètre comme limite d'élasticité;

« 56 — limite à la rupture.

« Allongement de 12 pour 100 et striction d'au moins 20 pour 100 à la rupture.

« Contenance en carbone 35 millièmes, avec tolérance de 4 millièmes en plus ou en moins.

« Un essai était fait sur chaque coulée.

« Un certain nombre de barres terminées d'environ 6 mètres de longueur ont été l'objet d'essais directs à l'arsenal de Watertown. Les résistances ont varié :

« De 24 à 28^k par $^m/_m$ carré comme limite d'élasticité.

« De 37 à 51^k — limite à la rupture.

« L'allongement a varié de 3 pour 100 à 9 pour 100.

« Dans chacune des grandes travées du pont de Bismarck la proportion d'acier a été diminuée.

« Les conditions de la spécification pour les barres à œil et les rivets étaient les suivantes :

de 28 kil. à 31k,5 comme limite d'élasticité;
de 48 kil. à 46 — limite de rupture;

« Allongement : 18 pour 100. Striction 30 pour 100.

« La teneur en carbone devait varier entre 16 à 20 pour mille, et la teneur en phosphore devait être d'un millième au plus.

En outre, des essais étaient prescrits sur les barres finies qui devaient présenter au moins 24 kilog. de limite d'élasticité et 45 kilog. à la rupture, avec un allongement de 10 pour 100.

« Comme mode de traitement de l'acier, il faut signaler que les lingots étaient étirés directement sans être martelés. Pour terminer les barres à œil, on employait le procédé Kloman, qui consiste à introduire la barre dans un laminoir universel, et à la faire aller et venir sans la sortir; de la sorte le corps de la barre seul est étiré, et les bouts restent à la dimension voulue pour l'œil.

« Nous avons extrait les renseignements qui précèdent de documents qui nous ont été gracieusement remis par l'un de nos collègues, M. Watson, ingénieur à Boston. »

La parole est donnée à M. Périssé, pour répondre aux observations présentées lors de la discussion de son mémoire sur l'emploi de l'acier.

M. Périssé. Avant de répondre successivement aux observations qui ont été présentées dans les deux dernières séances, permettez-moi de constater l'ampleur que la discussion a prise et d'en conclure que j'ai eu bien raison de communiquer à la Société, mon travail sur l'emploi de l'acier dans les constructions.

Je vais répondre à MM. Canovetti, F. Gautier, Morandiere, Seyrig, Jordan, Séverac et Dallot. Je le ferai très brièvement, afin de ne pas prolonger trop longtemps l'attention de la Société sur le même sujet.

Je dirai à M. Canovetti, que je m'associe au vœu qu'il a exprimé de voir apporter à la Société des renseignements sur les essais des aciers et notamment sur les coëfficients, donnant la limite d'élasticité dans les différents cas. Ce vœu se trouve exaucé aujourd'hui, en partie du moins, puisque dans les deux dernières séances, plusieurs membres de la Société ont apporté des chiffres fort intéressants à noter.

C'est avec intention que je n'ai pas donné dans mon mémoire, des chiffres sur cette question spéciale dont je ne méconnais pas l'importance, mais c'eût été sortir du cadre que je m'étais tracé. C'est une question qui demande à être traitée séparément en lui donnant les développements qu'elle comporte. J'ai donné seulement les renseignements relatifs aux aciers qui ont été employés dans les constructions dont j'ai parlé.

Qu'il me soit toutefois permis d'insister un peu plus que je ne l'ai fait,

sur l'influence qu'exercent sur l'allongement final, les dimensions, la forme et la longueur de la barrette d'épreuve.

J'ai donné des chiffres relatifs seulement à l'influence de la longueur, dans le cas d'éprouvettes ayant une section rectangulaire, ainsi qu'il est d'usage de les prendre le plus souvent dans les essais de la marine et des chemins de fer.

Les chiffres ne sont pas les mêmes lorsque la forme de la section varie. Enfin, le tant pour cent d'allongement présente de grandes différences lorsque les dimensions transversales de l'éprouvette ne sont pas les mêmes. Je citerai à l'appui les essais suivants faits sur des barrettes de section circulaire, en acier doux de marine :

1° A égalité de diamètre, en passant d'une barrette de 0,200 à une barrette de 0,100 de longueur, l'allongement augmente dans le rapport de 1 à 1,18.

2° A égalité de longueur, en passant d'une barrette de 20 millimètres de diamètre à une barrette de 13^{m},8 (150 millimètres carrés), l'allongement décroît dans les rapports de 1 à 0,806.

Par suite, en passant d'une barrette de 0,200 de longueur et de 20 millimètres de diamètre, à une barrette de 0,100 de longueur et de 13,8 de diamètre, l'allongement sera modifié dans le rapport de :

$$1 \text{ à } 1{,}18 \times 0{,}806 \quad \text{c'est-à-dire de } 1 \text{ à } 0{,}95$$

Les chiffres qui précèdent et ceux que j'ai donnés dans mon mémoire, démontrent l'utilité absolue, de faire connaître les dimensions de l'éprouvette, en même temps que l'on donne le tant pour cent d'allongement, sinon, on donnerait un renseignement fort incomplet qui pourrait induire en erreur. J'ai cru devoir insister sur ce point, parce qu'il est d'un usage trop général d'indiquer l'allongement proportionnel, sans indiquer les dimensions de la barrette d'épreuve.

J'ai dit dans mon mémoire que les ingénieurs de constructions navales, tant en France qu'en Angleterre, admettaient aujourd'hui que les coques en acier pesaient 20 pour 100 de moins que les coques en fer. Dans sa réponse, M. Canovetti semble penser que j'ai donné à ce chiffre un caractère général. Cela n'est pas ; en indiquant le chiffre de 20 pour 100 relatif aux constructions navales, j'ai donné un chiffre exact en fait, parce qu'il exprime ce qui existe et ce que des ingénieurs spéciaux ont énoncé dans quelques publications. Autrement dit, les épaisseurs des pièces des coques de navires sont réduites de 20 pour 100 lorsque c'est le nouveau métal fondu qui y est employé.

Les ingénieurs ont été amenés à déterminer cette réduction par des considérations qui sont plutôt du domaine de la pratique. Les épaisseurs, dans une coque de navire ne se calculent pas aussi exactement que celles d'une poutre de pont ou de plancher soumise à des efforts fléchissants. Le cas est beaucoup plus complexe et le chiffre de 20 pour 100 ne peut être

appuyé d'aucun détail de la nature de ceux que M. Canovetti aurait voulu trouver dans mon mémoire, mais je le répète, ce chiffre n'est pas général, il s'applique aux constructions navales, et peut-être aussi aux chaudières à vapeur, c'est-à-dire aux constructions pour lesquelles les aciers très doux sont préférés aux qualités plus résistantes, mais moins malléables.

M. Gautier a exprimé l'opinion qu'il fallait entrer plus résolument dans la voie des aciers extradoux; en cela il est d'accord avec quelques ingénieurs de la marine française, qui consentiraient volontiers à réduire encore les résistances pour augmenter les allongements. M. Gautier va même plus loin, puisque, d'après lui, les aciers de marine ne devraient pas avoir une charge de rupture supérieure à 35 kilogrammes.

J'ai fait connaître dans mon mémoire des opinions bien différentes émises par des ingénieurs français et anglais demandant au contraire des aciers plus résistants; et j'ai conclu que, pour les constructions navales, chaudières exceptées, il convenait d'employer un métal résistant à 44 kilog. avec 22 pour 100 d'allongement. Pour le métal à chaudières, j'ai exprimé une opinion se rapprochant de celle de notre collègue et j'admets très volontiers un métal à 38 kilog. seulement de résistance, si sa malléabillité correspond à 28 et 30 pour 100 d'allongement. Je vais donc plus loin que M. Gautier au sujet de l'allongement, puisqu'il se contente de 26 pour 100.

J'ai donc répondu par avance, à M. Gautier, tout en réservant la question des aciers obtenus par le procédé basique, qui ne sont pas encore produits avec une homogenéité parfaite, et dont les qualités physiques n'ont pas été suffisamment étudiées pour pouvoir en tirer des conclusions certaines.

Je constate que la plupart des autres membres de la Société qui ont pris la parole sur la question, se sont placés, au contraire de M. Gautier, sur le terrain d'une résistance plus grande que celle que j'admets dans les différentes applications. Mon opinion tient donc le milieu entre celles qui se sont manifestées.

Quant au mode de fabrication, je ne m'en suis pas occupé dans mon étude; c'eût été sortir de mon programme et si j'en ai dit quelques mots, c'était pour constater que, depuis quelques années, les aciers de la marine étaient constants de qualité et d'une homogénéité parfaite, quel que fût le procédé de fabrication, Bessemer ou Martin-Siemens, mais, d'accord avec M. Gautier, j'ai ajouté, et j'ajoute que c'est avec le procédé sur sole que l'on obtient plus facilement, et surtout plus surement, les aciers extradoux bien réguliers.

A propos de l'accident arrivé à la *Dévastation*, au sujet duquel j'ai cité des faits inédits et fort intéressants, M. Canovetti et M. Gautier ont présenté des explications qui se sont écartées de celles que j'ai données moi-même, et que je crois exactes, parce qu'elles ont reçu l'approbation d'ingénieurs d'une haute compétence en matière de constructions navales.

J'arrive aux observations fort judicieuses de M. Morandiere. Tout d'abord, j'ai à corriger une erreur qui s'est glissée dans les quelques mots que j'ai dits sur les essieux de locomotives. J'ai voulu dire que la plupart des essieux coudés se font en acier (non pas tous) et qu'ils fournissent un meilleur service et un parcours plus long que les essieux en fer.

Je n'ai pas traité, dans mon étude, l'importante question de l'application de l'acier au matériel roulant de chemins de fer, essieux, bandages, brancards. D'abord, j'ai craint de trop allonger mon travail, déjà bien étendu, et ensuite, j'ai pensé que cette question devait être réservée à un des nombreux ingénieurs de chemins de fer, que la Société compte parmi ses membres, et qui ont sur la matière une compétence et des renseignements que je ne possède pas.

En ce qui concerne les applications aux chaudières de locomotives, j'ai été heureux d'apprendre que, malgré les premiers échecs, dont je me suis efforcé de mettre les causes en relief, les compagnies ne renoncent pas aux avantages que procure l'emploi de l'acier extradoux, et que j'ai signalés. A ce sujet j'ajouterai que je trouve insuffisamment doux, l'acier qui est employé par la compagnie de l'Ouest, pour les quelques chaudières commandées dernièrement. Il faut du métal plus malléable et sur ce point je ne puis que confirmer ce que j'ai déjà dit.

J'aborde maintenant les renseignements très intéressants que nous a donnés M. Seyrig sur les ponts en acier.

Ces renseignements s'appliquent à des ponts hollandais, autrichiens et à des ponts en construction en Amérique et en Angleterre.

Il en résulte que l'acier employé dans les ponts de Hollande était de l'acier dur, et qu'il a donné de fort mauvais résultats, à tel point que les ingénieurs de ce pays ont renoncé à l'emploi de l'acier.

En Autriche, avec des aciers plus doux travaillant à 10 kilog. par millimètre carré de section nette, on a obtenu des ouvrages qui ont donné toute satisfaction. Mais à la suite d'un accident dans lequel des pièces d'acier se sont rompues, tandis que les pièces de fer se seraient simplement pliées sans rupture, l'emploi de l'acier a été momentanément proscrit.

En Amérique, et en Angleterre, on construit en ce moment un grand nombre d'ouvrages en acier, et des ouvrages très importants. L'emploi du nouveau métal se généralise dans ces deux pays, grands producteurs d'acier.

M. Seyrig semble attribuer la différence des résultats, à ce que, en Hollande et en Autriche, ce sont surtout des aciers Bessemer qui sont employés tandis que ce sont des aciers sur sole qui ont été préférés en Amérique et en Angleterre. Je crois que ce n'est pas la vraie raison de la différence des résultats, car, je le répète, on fabrique par le procédé Bessemer des aciers de marine bien homogènes, qui donnent toute satisfaction, étant entendu

appuyé d'aucun détail de la nature de ceux que M. Canovetti aurait voulu trouver dans mon mémoire, mais je le répète, ce chiffre n'est pas général, il s'applique aux constructions navales, et peut-être aussi aux chaudières à vapeur, c'est-à-dire aux constructions pour lesquelles les aciers très doux sont préférés aux qualités plus résistantes, mais moins malléables.

M. Gautier a exprimé l'opinion qu'il fallait entrer plus résolument dans la voie des aciers extradoux; en cela il est d'accord avec quelques ingénieurs de la marine française, qui consentiraient volontiers à réduire encore les résistances pour augmenter les allongements. M. Gautier va même plus loin, puisque, d'après lui, les aciers de marine ne devraient pas avoir une charge de rupture supérieure à 35 kilogrammes.

J'ai fait connaître dans mon mémoire des opinions bien différentes émises par des ingénieurs français et anglais demandant au contraire des aciers plus résistants; et j'ai conclu que, pour les constructions navales, chaudières exceptées, il convenait d'employer un métal résistant à 44 kilog. avec 22 pour 100 d'allongement. Pour le métal à chaudières, j'ai exprimé une opinion se rapprochant de celle de notre collègue et j'admets très volontiers un métal à 38 kilog. seulement de résistance, si sa malléabillité correspond à 28 et 30 pour 100 d'allongement. Je vais donc plus loin que M. Gautier au sujet de l'allongement, puisqu'il se contente de 26 pour 100.

J'ai donc répondu par avance, à M. Gautier, tout en réservant la question des aciers obtenus par le procédé basique, qui ne sont pas encore produits avec une homogenéité parfaite, et dont les qualités physiques n'ont pas été suffisamment étudiées pour pouvoir en tirer des conclusions certaines.

Je constate que la plupart des autres membres de la Société qui ont pris la parole sur la question, se sont placés, au contraire de M. Gautier, sur le terrain d'une résistance plus grande que celle que j'admets dans les différentes applications. Mon opinion tient donc le milieu entre celles qui se sont manifestées.

Quant au mode de fabrication, je ne m'en suis pas occupé dans mon étude; c'eût été sortir de mon programme et si j'en ai dit quelques mots, c'était pour constater que, depuis quelques années, les aciers de la marine étaient constants de qualité et d'une homogénéité parfaite, quel que fût le procédé de fabrication, Bessemer ou Martin-Siemens, mais, d'accord avec M. Gautier, j'ai ajouté, et j'ajoute que c'est avec le procédé sur sole que l'on obtient plus facilement, et surtout plus surement, les aciers extradoux bien réguliers.

A propos de l'accident arrivé à la *Dévastation*, au sujet duquel j'ai cité des faits inédits et fort intéressants, M. Canovetti et M. Gautier ont présenté des explications qui se sont écartées de celles que j'ai données moi-même, et que je crois exactes, parce qu'elles ont reçu l'approbation d'ingénieurs d'une haute compétence en matière de constructions navales.

J'arrive aux observations fort judicieuses de M. Morandiere. Tout d'abord, j'ai à corriger une erreur qui s'est glissée dans les quelques mots que j'ai dits sur les essieux de locomotives. J'ai voulu dire que la plupart des essieux coudés se font en acier (non pas tous) et qu'ils fournissent un meilleur service et un parcours plus long que les essieux en fer.

Je n'ai pas traité, dans mon étude, l'importante question de l'application de l'acier au matériel roulant de chemins de fer, essieux, bandages, brancards. D'abord, j'ai craint de trop allonger mon travail, déjà bien étendu, et ensuite, j'ai pensé que cette question devait être réservée à un des nombreux ingénieurs de chemins de fer, que la Société compte parmi ses membres, et qui ont sur la matière une compétence et des renseignements que je ne possède pas.

En ce qui concerne les applications aux chaudières de locomotives, j'ai été heureux d'apprendre que, malgré les premiers échecs, dont je me suis efforcé de mettre les causes en relief, les compagnies ne renoncent pas aux avantages que procure l'emploi de l'acier extradoux, et que j'ai signalés. A ce sujet j'ajouterai que je trouve insuffisamment doux, l'acier qui est employé par la compagnie de l'Ouest, pour les quelques chaudières commandées dernièrement. Il faut du métal plus malléable et sur ce point je ne puis que confirmer ce que j'ai déjà dit.

J'aborde maintenant les renseignements très intéressants que nous a donnés M. Seyrig sur les ponts en acier.

Ces renseignements s'appliquent à des ponts hollandais, autrichiens et à des ponts en construction en Amérique et en Angleterre.

Il en résulte que l'acier employé dans les ponts de Hollande était de l'acier dur, et qu'il a donné de fort mauvais résultats, à tel point que les ingénieurs de ce pays ont renoncé à l'emploi de l'acier.

En Autriche, avec des aciers plus doux travaillant à 10 kilog. par millimètre carré de section nette, on a obtenu des ouvrages qui ont donné toute satisfaction. Mais à la suite d'un accident dans lequel des pièces d'acier se sont rompues, tandis que les pièces de fer se seraient simplement pliées sans rupture, l'emploi de l'acier a été momentanément proscrit.

En Amérique, et en Angleterre, on construit en ce moment un grand nombre d'ouvrages en acier, et des ouvrages très importants. L'emploi du nouveau métal se généralise dans ces deux pays, grands producteurs d'acier.

M. Seyrig semble attribuer la différence des résultats, à ce que, en Hollande et en Autriche, ce sont surtout des aciers Bessemer qui sont employés tandis que ce sont des aciers sur sole qui ont été préférés en Amérique et en Angleterre. Je crois que ce n'est pas la vraie raison de la différence des résultats, car, je le répète, on fabrique par le procédé Bessemer des aciers de marine bien homogènes, qui donnent toute satisfaction, étant entendu

que les produits sur sole doivent être préférés comme étant d'une qualité douce plus certaine et plus uniforme.

Il faut chercher la cause des accidents arrivés en Hollande et en Autriche dans l'inexpérience des constructeurs qui ont travaillé le métal fondu, ou dans le défaut d'homogénéité des aciers produits, surtout quand il s'agit d'aciers durs. Il ne faut pas oublier, en effet, je l'ai dit à plusieurs reprises, que les insuccès nombreux qui ont marqué en Angleterre et en France, les premières applications de l'acier, ont tenu principalement à cette double cause. Les autres pays ont également payé ou payeront leur tribut; mais le moment n'est pas éloigné, je crois, où le métal fondu sera généralement en faveur, parce qu'on saura bien le produire et bien le mettre en œuvre.

M. Seyrig est favorable à l'emploi de l'acier pour les ponts, et il croit qu'on peut, sans témérité, abaisser à 5 le coefficient de sécurité, ce qui donnerait un travail de $8^k,2$ à $9^k,6$ par millimètre carré, suivant que la charge de rupture serait de 42, 45 ou 48 kilog. Dans la séance suivante, M. Seyrig est allé plus loin, et il a admis très bien un travail de 10 kilog. et même davantage, par millimètre carré de section nette, pour des aciers résistant à 50 kilog. avec 20 pour 100 d'allongement.

Je remarque que les chiffres de travail que j'ai donnés dans mon mémoire s'écartent peu de ceux de M. Seyrig, parce que, voulant me placer dans les mêmes conditions que celles des règlements en vigueur et en usage en France, j'ai considéré la section entière sans faire la déduction des trous de rivets.

Je reconnais qu'il est bien plus rationnel et plus exact de considérer la section nette, et j'arrive alors aux mêmes coefficients de travail que M. Seyrig, tout en prenant cependant des aciers un peu plus doux (45 kilog.) qui se travaillent bien mieux et avec lesquels les constructeurs seront bien plus à l'abri des accidents qui peuvent se manifester dans le travail.

J'arrive à la communication que nous a faite notre savant collègue M. Jordan, et je ne puis qu'approuver ce qu'il nous a dit au sujet de la distinction à faire entre les aciers et les fers employés dans les constructions. Je crois, avec lui, qu'on peut se contenter d'un coefficient de sécurité moins grand lorsqu'il s'agit de métal fondu, c'est-à-dire lorsqu'il s'agit d'acier au lieu de fer. On peut alors s'approcher davantage de la limite d'élasticité.

Je suis d'accord aussi avec lui et avec M. Seyrig pour signaler aux ingénieurs et aux constructeurs français qu'il y a dans la pratique, à l'étranger beaucoup de faits importants que nous ne connaissons pas assez; et c'est pourquoi je me félicite d'avoir provoqué une discussion qui a permis de faire connaître des renseignements qui viennent compléter heureusement ceux que j'ai fait connaître moi-même.

Mon étude est divisée en quatre chapitres : les constructions navales, les constructions civiles, les pièces de machines, principalement les arbres coudés, et enfin les chaudières à vapeur.

Je remarque que c'est sur le chapitre des constructions civiles que porte la presque totalité des observations qui ont été présentées par des membres de la Société. Cela s'explique par les raisons qui ont été données par M. Jordan et aussi parce que c'est sur ce chapitre que mon travail se trouve le plus incomplet.

Ce sont les trois autres chapitres, touchant directement ou indirectement aux constructions navales que j'ai voulu surtout traiter dans mon travail. Il ne faut pas oublier en effet, que j'ai été amené à le présenter à la suite du voyage du Havre, dans lequel la crainte avait été exprimée que les forges françaises ne fussent pas en situation, aussi bien que celles de l'Angleterre, de fabriquer les aciers doux nécessaires aux constructions navales.

C'est pourquoi j'ai donné plus de développements sur ces trois chapitres, et je constate que les résultats que j'ai fait connaître n'ont pas été contestés.

M. Jordan a présenté à la Société des spécimens très remarquables d'un acier extradoux fabriqué à Denain, qui, nous a-t-il dit, se soude aussi bien, sinon mieux, que le meilleur fer doux. Ce n'est pas un acier de cette nature que j'ai visé dans mon étude, lorsque j'ai dit que les soudures d'acier faites jusqu'ici, n'avaient pas la valeur d'une soudure réelle. J'ai entendu parler des aciers moins doux, résistant à 45 kilog., c'est-à-dire des aciers employés dans la fabrication des barres profilées et des tôles de la marine.

Il est incontestable que la soudure des aciers doux n'est pas encore entrée dans le domaine de la pratique courante. Cependant, j'ai vu faire l'année dernière, dans un des ateliers de la marine, des soudures de cornières et de fers plats qui ont parfaitement réussi. Mais il n'en était pas ainsi au début de l'emploi des aciers doux de marine. C'est pourquoi j'ai voulu, dans mon travail, être circonspect sur cette question de soudure de l'acier, afin de ne pas engager les constructeurs inexpérimentés dans une voie au bout de laquelle ils n'auraient pas trouvé le succès.

J'ai entendu avec plaisir M. Jordan émettre une opinion tout à fait favorable à la soudure parfaite des aciers extradoux. Ainsi s'expliquent les succès obtenus récemment en Angleterre dans la soudure des tubes, des foyers de chaudières marines et des foyers de locomotives.

Depuis la dernière séance, j'ai consulté, sur cette question de soudure un ingénieur des constructions navales, qui fait travailler annuellement plus de 1000 tonnes d'acier et il m'a affirmé qu'aujourd'hui les soudures d'acier se faisaient tout aussi facilement que celles de fer et pouvaient inspirer le même degré de confiance. C'est à ce point que, dans les essais de rupture exécutés à ce propos, il est arrivé fréquemment que les pièces d'épreuve soudées se sont brisées en un point différent de la soudure, sous des charges correspondant à une résistance absolument normale. Ce sont donc bien certainement de véritables soudures, et j'efface volontiers, devant l'opinion exprimée par des ingénieurs fort compétents, les réserves que j'avais faites dans le but que j'ai plus haut indiqué.

C'est avec raison que M. Jordan pense qu'on ne peut poser en principe qu'un

métal fondu se refroidit plus vite qu'un métal soudé. J'ai énoncé ce fait dans mon étude sans y insister et seulement pour expliquer la plus grande difficulté de laminage de l'acier. Ce dernier point n'est pas contestable; il faut en effet, employer, pour des laminoirs à acier, des forces motrices bien plus considérables. Voilà le point important, qui explique un certain écart dans le prix de revient du laminage du fer et de l'acier.

Mais, en ce qui concerne les avantages du travail à la presse hydraulique, lesquels ne sont pas reconnus par M. Jordan, je persiste dans l'opinion que j'ai exprimée assez longuement dans mon mémoire.

Le pilon n'est pas préférable à la presse pour le travail à chaud des aciers entrant dans les constructions. J'ai vu exécuter sous mes yeux les deux méthodes de travail et je considère que les résultats sont incomparablement plus satisfaisants avec la pression progressive et continue de la presse hydraulique qui se transmet à peu près uniformément à toutes les couches, lesquelles sont toutes ainsi soumises au même travail. Je m'en réfère d'ailleurs sur ce point à l'importante communication qui a été faite en Angleterre, en 1881, par M. Berrier-Fontaine, et à la pratique la plus générale des grands ateliers de constructions navales.

Mais je crois que sur le point que je viens de rappeler, il n'y a pas désaccord entre M. Jordan et moi, mais seulement un simple malentendu. J'ai parlé du travail des pièces cintrées ou embouties entrant dans les constructions, tandis que M. Jordan s'est placé au point de vue des procédés métallurgiques, que j'ai dans mon travail complètement laissés de côté.

Enfin M. Jordan aurait voulu que je donne plus de détails sur la fabrication des arbres creux que je préconise. Qu'il me suffise d'ajouter aux considérations assez longues que j'ai présentées, que le forage pourra s'exécuter par les mêmes moyens que ceux qui sont employés dans la fabrication des canons.

M. Séverac nous a fait connaître une série de chiffres très bons à noter, et au sujet desquels je confirme les observations fort judicieuses présentées par M. Jordan. J'ajoute que les chiffres de résistance et d'allongement donnés par M. Séverac s'appliquent à des métaux forgés, et qu'on ne peut les comparer utilement avec les chiffres des aciers simplement laminés qui sont employés dans les constructions. Le travail de forgeage a pour effet d'augmenter principalement la ductibilité, autrement dit le tant pour cent d'allongement. J'ai eu l'occasion de le faire remarquer dans mon étude.

M. Dallot a donné de grands développements pour démontrer qu'il faut marcher plus résolument dans la voie nouvelle à propos des ponts métalliques, et que l'acier s'impose d'une façon absolue pour les ouvrages ayant de grandes portées. Je suis d'accord avec lui sur les conclusions telles que je viens de les formuler, mais je dois joindre mes réserves à celles de M. Seyrig, au sujet de certains chiffres cités par M. Dallot. Ces chiffres ont le défaut de se rapporter à une fabrication qui remonte à plus de vingt ans

et de ne pas correspondre aux métaux que la sidérurgie fabrique depuis une dizaine d'années.

Pour déterminer le travail auquel il convient de faire travailler l'acier dans les ponts, M. Dallot admet que la limite d'élasticité de l'acier est double de celle du fer, et établissant une proportionnalité avec les coefficients de travail, il en conclut que l'acier doit travailler à 12 kilog. au lieu de 6 kilog. Je ne suis pas complètement de son avis. Je crois que les aciers doux qu'il convient d'employer n'ont pas 30 kilog. de limite d'élasticité, mais, par contre, j'admets avec M. Jordan et avec lui, qu'on peut diminuer pour l'acier le coefficient de sécurité admis pour le fer, c'est-à-dire se rapprocher un peu plus de la limite d'élasticité.

En faisant l'application de ce que je viens de dire, on arrive à cette conclusion : que pour les ponts, le travail de l'acier pourrait être de 10 à 11 kilog. par millimètre carré, mais à la double condition que l'on considérerait la section nette, et que l'on tiendrait compte du flambage sur les pièces comprimées, et des autres causes qui augmentent le travail en certains points des assemblages, ainsi que l'a fait remarquer M. Seyrig.

La détermination du coefficient du travail doit varier avec chaque nature d'ouvrage. Ainsi, au pont du Forth, le coefficient de $11^{k},8$ est très admissible. Il ne faut pas oublier en effet que la surcharge due aux vents est très importante pour cet ouvrage colossal, et que, cette surcharge calculée d'après la pression maxima du vent, s'ajoute dans les calculs aux surcharges verticales maxima; c'est ce qui ne se présentera pas en pratique et on peut dire que le travail de l'acier n'atteindra pas, en réalité, le chiffre de $11^{k},8$; il se rapprochera plutôt de ceux que je viens d'indiquer.

En définitive, la discussion a eu pour effet de modifier un peu mon opinion dans le sens d'un coefficient de travail un peu plus élevé pour l'acier des ponts, mais je persiste à penser qu'il faut employer des aciers doux comme ceux qui sont employés dans les constructions navales en France et en Angleterre, et qui se travaillent convenablement.

J'ai répondu, je crois, à toutes les observations qui ont été présentées sur mon étude de l'emploi de l'acier dans les constructions.

Je me félicite de l'avoir abordée et de l'avoir présentée à la Société des Ingénieurs civils, parce qu'elle aura aidé à la vulgarisation de l'emploi de l'acier et parce qu'elle aura rappelé que c'est en France que les premiers aciers doux ont été fabriqués industriellement et que c'est à la marine française que revient le mérite et l'honneur de les avoir appliqués, la première et avec un plein succès, dans les constructions navales.

M. le Président. M. Seyrig a la parole pour présenter quelques observations.

M. Seyrig. M. Dallot a contesté avec une certaine vivacité les faits qu'il a rapportés relativement à l'acier et à sa limite d'élasticité. Il demande à établir en peu de mots que ses reproches n'étaient pas fondés.

M. Dallot cite l'intéressant travail de M. Barba sur l'acier pour montrer qu'on y trouve la mention d'une qualité d'acier qui, rompant à 48 kilog., a une limite d'élasticité de 30 kilog. C'est ce que personne ne conteste; mais ce qu'il aurait fallu dire, c'est que cette qualité est une des 33 qualités diverses que contenait la classification du Creusot, à l'exposition de Vienne, qualité qui donne en même temps un des chiffres les plus élevés de la limite d'élasticité, relativement à la rupture, le rapport étant de 1,6. Presque tous les autres rapports sont plus grands, c'est-à-dire que la limite d'élasticité s'abaisse.

Le rapport établi entre la limite d'élasticité et la rupture a été également contesté. Voici cependant des chiffres qui ne sont pas à négliger et qui établissent qu'il y a, sinon une loi positive, ce que je n'avais pas affirmé, mais un indice très positif de régularité dans ces rapports. M. Knut Styffe énumère une série de 43 faits relatifs aux aciers suédois, lesquels ont donné pour minimum exceptionnel 1,73, pour maximum 2,24 et pour moyenne 2,005. D'autre part 16 expériences sur du fer suédois ont donné:

	Minimum	1,48	Maximum	1,77	Moyenne	1,60
15 essais de fers anglais ont donné.	—	1,44	—	1,93	—	1,62
16 essais de fers suédois.	—	1,42	—	1,84	—	1,66

La variation dans ce cas, au-dessus et au-dessous de la moyenne, était donc de 10 à 13 pour 100 pour les aciers et de 11 à 13 pour 100 pour les fers. Cependant la résistance, dans ces mêmes séries d'expériences avait varié, pour les aciers, de 44,3 à 78,6 kilog. par millimètre carré, tandis que, pour les fers, elle allait de 30,7 à 49 kilog. L'étendue de ces variations est donc bien plus grande que celle des rapports que j'ai cités plus haut.

Il faut remarquer en effet que l'on a, pour l'acier, le choix entre des qualités bien plus diverses qu'on ne l'avait jusqu'à présent, pour le fer. C'est pourquoi la question de son emploi est aussi vaste. Il y a certainement un grand intérêt à trouver, pour toutes ces qualités si variées, certaines conditions générales, qui s'appliquent à la majorité d'entre elles et qui permettent de diriger le choix.

Le rapport de 1,6 à 2,6 que j'avais indiqué comme limite extrême pouvant paraître vague, j'ai cherché d'autres cas où l'examen du métal, au point de vue de l'élasticité, ait permis de déterminer ce rapport. Le travail si complet de M. Lebasteur sur l'Exposition de 1878 m'a fourni de précieux renseignements à ce sujet. Il cite une série d'essais faits sur les aciers de l'Innerberg, en Styrie, sur des aciers variant entre 65 kilog. et 81 kilog. de résistance, et où le rapport augmentait de 1,87 à 2,33, le premier chiffre constituant une exception, et la moyenne étant de 2,17.

La Société de Terre-Noire a fait des expériences analogues au point de vue de l'effet des matières étrangères alliées au fer. Elles sont trop intéressantes pour n'être pas citées et elles ont conduit au tableau suivant :

Teneur en carbone	Limite d'élasticité	Charge de rupture	Rapport
0.150 °/o	18^{k}.2	36.4	2
0.490	23	48	2.1
0.709	30.8	68.2	2.2
0.875	32.8	73.2	2.2
1.050	39.5	86	2.2
Teneur en manganèse	**Limite d'élasticité**	**Charge de rupture**	**Rapport**
0.521	26.3	51.8	1.98
1.060	31.2	61.1	1.96
1.305	41.2	76.5	1.86
2.008	47.7	88.5	1.86
Teneur en phosphore	**Limite d'élasticité**	**Charge de rupture**	**Rapport**
0.247	33	55.2	1.67
0.273	36.2	56.2	1.56
0.398	37.8	59.7	1.58

On remarquera de suite que la présence du phosphore dans l'acier le rapproche sensiblement de la constitution de certains fers, et qu'il n'est pas étonnant, dès lors, de voir le rapport que je discute se rapprocher aussi de celui du fer. Il est assez remarquable cependant que cet acier que l'on ne peut plus qualifier de bon, au point de vue de la construction, ait une limite d'élasticité plus élevée, et serait, par conséquent, si l'on prenait la limite d'élasticité pour base plus apte à être admis avec un coefficient de travail élevé.

M. Dallot me reproche de n'avoir pas cité un seul cas où la limite d'élasticité du fer ait atteint 18 kilog., tandis que j'ai raisonné sur ce chiffre. En voici quelques-uns, que j'emprunte encore à M. Lebasteur d'après le Jerncontor de Suède :

			Lim. élast.	Rupture.	Rapport.
Tôles Best Yorkshire,	parallèlement au laminage....		18,6	36	1,96
Id.	perpend^{t}	—	18,9	35,9	1,90
Id.	parallèlement	—	17,7	38,9	2,19
Id.	perpend^{t}	—	15,1	36,3	2,40

Je conviens volontiers que ce coefficient n'est pas toujours atteint, pas plus que les 36 kilog. de résistance. Quant aux chiffres habituels de 30 à 32 kilogr, ils sont confirmés par les cahiers des charges que M. Rubin a cités dans la dernière séance, et qui sont pourtant encore en vigueur pour un grand nombre de constructions.

Il ne me reste plus qu'à rectifier ce qu'a dit M. Dallot au sujet du métal employé au pont du Forth. On exige non pas 48 kilog., mais des chiffres variant entre 47 et 58; non pas 22 pour 100 d'allongement, mais 20; quant à la limite d'élasticité de 30 kilog., on n'en parle pas, contrairement à ce que dit M. Dallot, et on a raison, car il est difficile, sinon impossible de la

déterminer dans des expériences industrielles, qu'il ne faut pas confondre avec des expériences de laboratoire.

M. Dallot. Je ne puis me dispenser de répondre à MM. Périssé et Seyrig. Je commencerai par débarrasser la discussion de quelques erreurs de fait.

Je n'ai pas dit qu'on exigeait, pour l'acier employé au pont du Forth, un coefficient de rupture de 48 kilog., un allongement de rupture de 22 pour 100 et une limite d'élasticité de 30 kilog. Voici textuellement comment je me suis exprimé : « les pièces travaillant à la *traction* doivent pouvoir supporter avant de rompre une charge de 30 à 33 tonnes par pouce carré, c'est-à-dire 47 à 52 kilog. par millim. carré, avec un allongement de 20 pour 100 sur une longueur de 8 pouces ou 20 centimètres. La communication de M. Baker ne fait pas mention de la limite d'élasticité. »

Je n'ai pas contesté que le coefficient de rupture du fer pût s'abaisser à 30 ou 32 kilog., chiffre que j'ai eu fréquemment l'occasion de constater par moi-même. Le point sur lequel j'ai élevé des doutes, c'est ce qui a été dit dans la séance du 2 mai, que le fer employé dans la construction des ponts, *jusqu'à il y a peu d'années*, donnait de 30 à 32 kilog. de résistance à la rupture, tandis qu'*aujourd'hui* le fer couramment exigé devait avoir 36 kilog. de résistance. Je crois que c'est l'inverse qui est vrai. Il y a 25 ans on obtenait facilement, en France, pour les tôles de ponts, la résistance de 36 kilogrammes que les cahiers des charges de cette époque exigeaient. Depuis que les traités de commerce ont amené un abaissement si considérable du prix du fer, on a payé ce bienfait d'un abaissement constant de la qualité; et les cahiers des charges ont dû abaisser leurs coefficients.

Je n'ai pas nié que la limite d'élasticité du fer pût dépasser 16 kilog. J'ai dit que la limite d'élasticité du fer était comprise entre 14 et 16 kilog., si l'on faisait abstraction de certains fers exceptionnels que leur prix élevé n'a jamais permis d'employer dans les constructions, et aussi de certains fers aigres et cassants, ne possédant qu'un allongement de rupture extrêmement faible et qu'il convient de rejeter. On vient de présenter les résultats fournis par des tôles *best yorkshire*, dont la limite d'élasticité s'est élevée jusqu'à $18^k,9$. Je suis à même de renchérir sur ces exemples. Le général Morin cite en effet, dans la 3e édition de sa *Résistance des matériaux*, un fer anglais dont la limite d'élasticité a atteint 23 kilog., un fer des forges d'Alélik en Algérie dont la limite d'élasticité a atteint 24 kilog., et enfin un fer obtenu par le corroyage des riblons dont la limite d'élasticité a atteint 30 kilog. Quelqu'un soutiendra-t-il qu'un seul morceau d'un fer pareil ait été jamais employé pour construire un pont ?

Je dois ajouter que, dans la même page où il vient de consigner les chiffres ci-dessus, le général Morin indique $12^k,2$ comme la limite d'élasticité du fer en barres; que M. Contamin, dans son cours de résistance appliquée, publié en 1878, indique 13 kilog., comme limite d'élasticité des fers plats d'Hayange avec un coefficient de rupture de 36 kilog., et 12 kilog. comme

limite d'élasticité de la tôle laminée de qualité ordinaire avec un coefficient de rupture de 33 kilog. Je trouve encore, dans les tableaux des essais de résistance des fontes, fers et aciers de l'usine de Reschitza, essais exécutés au laboratoire de l'école polytechnique de Munich, à l'occasion de l'exposition universelle de 1878, par le professeur Bauschinger, que les limites d'élasticité de deux échantillons de fer à nerf, rompant à 40k,4 et 37k,2, ont été de 11k,8 et 10k,7. Le premier échantillon est mentionné comme régulièrement fibreux, le second comme régulièrement fibreux mais poreux. Les deux seuls autres échantillons de fer, que l'on trouve mentionnés dans les tableaux de M. Bauschinger, sont deux échantillons de fer à grain, dont la limite d'élasticité est moins élevée encore.

Ce ne sont pas là des faits dont on puisse dire, avec M. Seyrig « qu'ils remontent à 50 ans, » ou avec M. Périssé « qu'ils ne correspondent pas aux métaux que la sidérurgie fabrique depuis une dizaine d'années. » J'avais cité les résultats observés par deux savants expérimentateurs, au moyen d'appareils extrêmement précis, et avec les précautions les plus minutieuses, en vue de prouver que la limite d'élasticité d'un fer, rompant vers 36 kilog., pouvait être de 15 à 16 kilog. et n'était pas nécessairement de 18 kilog. comme l'exigeait la relation découverte par M. Knut-Styffe; et voilà qu'il semblerait, après plus ample informé, que le chiffre de 12 kilog. se rapporte beaucoup mieux aux fers actuels, ou plutôt à ceux qui sont actuellement employés pour la construction des ponts.

J'ai trouvé fort intéressants les chiffres rapportés par M. Seyrig dans la séance du 2 mai, d'après MM. Knut-Styffe et Bauschinger, au sujet du rapport entre le coefficient de rupture et la limite d'élasticité, de même que je trouve fort intéressants les chiffres qu'il vient de nous donner sur le même objet d'après les résultats obtenus à Terre-Noire. Mais, lorsque les expériences suédoises lui donnaient 2 pour moyenne du rapport en question, lorsque les expériences de Terre-Noire lui donnaient également 2, et lorsque les expériences sur les aciers de Reschitza lui donnaient seules 2,25 pour moyenne, pourquoi a-t-il adopté la valeur 2,3? C'est ce que je ne parviens pas à m'expliquer.

Si je prends dans la classification des aciers du Creusot les six qualités qui conviennent le mieux à la construction des ponts, j'arrive à former le tableau suivant :

	Limite d'élasticité	Coefficient de rupture	Rapport
Qualité A	28k,8	53k,2	1,8
	26k,6	49k,2	1,8
Qualité B	29k,6	50k,5	1,7
	27k,5	46k,7	1,7
Qualité C	32k,7	52k,2	1,6
	30k,7	48k,2	1,6

La moyenne du rapport du coefficient de rupture à la limite d'élasticité est 1,7. On voit donc combien il était inexact de fixer à 2,3 la valeur de ce

rapport pour l'acier employé dans les constructions. Il est très important de remarquer que, s'il paraît exister un rapport à peu près constant entre le coefficient de rupture et la limite d'élasticité de certains aciers, ce n'est que pour les qualités correspondant à des aciers dont les compositions chimiques sont analogues.

Je me suis du reste bien gardé de soutenir que l'acier qui avait la plus forte limite d'élasticité était le plus apte à travailler à un coefficient élevé, quelles que fussent sa composition chimique et ses autres propriétés mécaniques. J'ai dit textuellement au contraire : « Est-ce à dire qu'il faille « adopter la qualité d'acier qui possède la limite d'élasticité la plus élevée? « Non, car, au delà d'une certaine valeur de la limite d'élasticité, en général « le coefficient de rupture s'élève, mais d'un autre côté l'allongement de « rupture s'abaisse. On a alors un acier dur, cassant sous l'action des chocs, « ne possédant qu'une médiocre résistance vive de rupture et s'altérant « sous l'action mécanique des outils. » Je suis entièrement d'accord avec M. Seyrig pour reconnaître qu'aujourd'hui l'état de la fabrication de l'acier permet d'obtenir à coup sûr une résistance à la traction de 50 kilog. avec un allongement de 20 pour 100, et qu'avec ces conditions de résistance et d'allongement on aura un métal qui se travaillera très bien. Mais les faits démontrent, d'autre part, qu'à égalité de résistance et d'allongement, la limite d'élasticité varie d'après la méthode de traitement et la composition chimique de l'acier; et à égalité des autres propriétés mécaniques, je préférerai toujours le métal qui aura la limite d'élasticité la plus élevée.

M. Périssé est arrivé finalement à cette conclusion que, pour les ponts, le travail de l'acier pourrait être de 10 à 11 kilog. par millimètre carré, à la double condition que l'on considérerait la section nette, déduction faite des trous de rivets, et que l'on tiendrait compte du flambage pour les pièces comprimées ainsi que des autres causes qui augmentent le travail en certains points des assemblages.

M. Seyrig admettrait le coefficient de 10 kilog. en général pour la section nette, et même le coefficient de 12 kilog. si le calcul de l'ouvrage reposait sur des hypothèses évidemment exagérées. On persiste donc à envisager avec une certaine timidité les conditions normales du travail de l'acier; et il devient nécessaire de traiter la question plus à fond pour faire voir combien cette hésitation est peu fondée.

J'observerai d'abord que la déduction des trous de rivets est un sujet étranger à la fixation du coefficient de travail, et dont je m'occuperai du reste tout à l'heure; que dans un pont bien étudié aucune pièce ne doit être exposée à flamber; enfin qu'on doit calculer les diverses parties de la construction pour des efforts aussi rapprochés que possible de ceux qu'ils subiront en réalité, mais qu'on doit déterminer ces efforts par une méthode qui les augmente au lieu de les diminuer, lorsqu'il est impossible de les évaluer exactement. Toutes ces considérations sont indépendantes du métal employé.

Quels sont les principes sur lesquels on s'est appuyé en France pour

fixer le coefficient de travail du fer à 6 kilogrammes? L'illustre Poncelet nous apprend, dans l'introduction à la mécanique industrielle, que le chiffre de 6 kilog. a été proposé par Duleau, en se basant sur la valeur moyenne de 12k,4, que cet ingénieur avait obtenue pour la limite d'élasticité du fer dans ses expériences; et Poncelet ajoute qu'il convient de réduire dans les applications, quel que soit le métal, la limite des charges permanentes, ou très fréquemment répétées à la moitié environ de celle qui correspond à la limite de l'élasticité naturelle, indiquée par les auteurs comme moyenne des résultats d'expériences directes.

On lit, d'autre part, dans le traité de la construction des ponts de feu M. Morandiere, ancien inspecteur général des ponts et chaussées, ancien professeur du cours de ponts à l'École des ponts et chaussées : « Les nom-
« breuses expériences, qui ont été faites sur des fers de diverses natures et
« de diverses provenances, ont montré que les allongements demeurent
« sensiblement proportionnels tant que les charges ne dépassent pas 12 à
« 18 kilogrammes par millimètre carré de section.

« Elles ont montré en même temps, qu'au-dessous de ces limites, les
« allongements permanents étaient à peu près nuls; c'est-à-dire que, dans
« ces conditions, l'élasticité du fer n'était aucunement altérée.

« On a admis qu'il convient dans la pratique de ne pas exposer les
« métaux à des tensions qui produiraient des allongements supérieurs à la
« *moitié* de ceux pour lesquels commence l'altération de l'élasticité.

« Par suite, les tensions auxquelles les barres de fer peuvent être exposées
« ne doivent pas dépasser 6 à 9 kilogrammes par millimètre carré de
« section, suivant la nature de ces fers; et, pour se mettre à l'abri contre
« toutes les éventualités, on adopte généralement, dans la construction des
« ponts, la tension limite de 6 kilog. par millimètre de section. »

Ainsi, d'après M. Morandiere, à qui sa haute position officielle donnait toute compétence pour faire connaître les vues qui avaient guidé l'administration des travaux publics dans la fixation du coefficient de travail du fer, cette administration a admis avec Poncelet et Duleau, que le coefficient de travail devait être égal à la moitié de la limite d'élasticité.

Si l'on se rappelle que M. Jordan a démontré, dans la dernière séance, qu'en raison de la plus grande homogénéité de l'acier, on pouvait diminuer pour ce métal le coefficient de sécurité admis pour le fer, c'est-à-dire se rapprocher un peu plus de la limite d'élasticité, et que M. Périssé s'est rallié à cette opinion, on reconnaîtra qu'il n'est vraiment pas exagéré de proposer de fixer à la moitié de la limite d'élasticité, comme pour le fer, le coefficient de travail de l'acier.

Quelle est la limite d'élasticité des aciers susceptibles d'être employés dans les ponts? J'ai cité six qualités, comprises dans la classification du Creusot, dont la limite d'élasticité varie de 26k,6 à 32k,7. Parmi les aciers de Terre-Noire mentionnés dans cette séance par M. Seyrig, il y en a deux convenables pour les ponts; leurs limites d'élasticité sont de 23 kilogr. et de 26k,3, pour des résistances à la rupture de 48 kilog. et 51k,8. On voit

donc qu'il serait facile d'obtenir des usines des aciers suffisamment doux, dont la limite d'élasticité serait comprise entre 24 et 30 kilogrammes, et pour lesquels par conséquent le coefficient de travail de 12 kilogrammes serait pleinement justifié.

Je pense même que, pour de très grands ouvrages, d'une portée dépassant 150 mètres, dans lesquels, à cause de leur immense masse, les chocs produits par le sautillement des charges roulantes seraient négligeables, on pourrait en toute sécurité adopter le coefficient de 15 kilogrammes, à condition que toutes les pièces fussent calculées avec le plus grand soin et que la réception des matières s'opérât avec une très grande sévérité.

Qu'on n'oublie pas que l'on se contente aujourd'hui, pour les ponts, des tôles de fer désignées dans le cahier des charges de la marine sous le nom de *tôles communes*, dont la résistance peut s'abaisser à 25 kilogrammes par millimètre carré, avec un allongement de 2 1/2 pour 100.

Mais, objecte-t-on, la limite d'élasticité est presque impossible à déterminer pratiquement dans les essais industriels qu'il ne faut pas confondre avec des expériences de laboratoire. Ce n'est pas l'avis des ingénieurs américains. Pour le pont de Plattsmouth, sur lequel on nous a lu une note au début de la séance, la limite d'élasticité minimum a été fixée dans le cahier des charges; et à chaque coulée, cette limite d'élasticité a été déterminée sur une barre d'essai, au moyen d'un appareil de précision. La teneur en carbone avait été également fixée, avec une tolérance de 0,04 pour 100 seulement; et on parvenait, paraît-il, à la déterminer avec une exactitude suffisante d'après la nuance de la cassure.

Il est certain que, si l'on veut profiter pleinement des avantages que présentent les nouveaux métaux à grande résistance et à élasticité étendue, il sera nécessaire de perfectionner les méthodes de réception. Mais il faut espérer que la France, sous ce rapport, ne restera pas en arrière des États-Unis. L'arsenal de Malines ne possède-t-il pas un appareil d'essai, susceptible de mesurer les centièmes de millimètre, au moyen duquel sont éprouvés les échantillons de tous les métaux employés dans les divers services des chemins de fer de l'État Belge?

M. Périssé a présenté, dans le mémoire qui a donné naissance à la discussion, une objection à laquelle je tiens à répondre. « S'il s'agit, » a-t-il dit, « de ponts de portée moyenne, supportant des charges accidentelles égales « ou supérieures à leur propre poids, on ne voit pas, en l'état actuel du « marché commercial de l'acier, que le nouveau métal s'impose. Où seraient « ses avantages puisque, faisant travailler le métal comme sa résistance « le comporte, on aurait des flèches beaucoup plus grandes et des vibra- « tions plus sensibles au passage des voitures ou des trains. »

D'abord, les coefficients d'élasticité des fers et des aciers pour ponts sont loin d'être égaux. Les essais faits par le général Morin, sur des fers à double T et des cornières, ont donné 17 à 18 billions. D'après le même expérimentateur, les fers les plus tendres, très ductiles, mais un peu mous, fournissent pour le coefficient d'élasticité des valeurs qui s'abaissent à 15,

14 et même 12 billions. D'après M. Contamin, ce coefficient est de 17 billions pour la tôle laminée de qualité ordinaire. En prenant le chiffre de 17 billions pour le fer, on risque donc peu d'être au-dessous de la vérité. Quant à l'acier, les expériences les plus topiques que je connaisse sont celles de M. Bauschinger sur des tôles fortes pour chaudières en acier Martin et Bessemer de l'usine de Reschitza. Les résultats ont varié de $2,12 \times 10^{10}$ à $2,22 \times 10^{10}$, et la moyenne des douze essais a été de $2,18 \times 10^{10}$. Le chiffre de 21 billions ne saurait donc être trop élevé ; et l'on voit que le rapport des coefficients d'élasticité du fer et de l'acier pour ponts est au plus égal à $\frac{17}{21}$ ou 0. 80.

D'autre part, les flèches des poutres ou des fermes sont inversement proportionnelles aux moments d'inertie, c'est-à-dire aux carrés des hauteurs. Donc, si l'on appelle f la flèche d'une poutre en fer, de hauteur h, travaillant à 6 kilog., et f' la flèche d'une poutre en acier, de hauteur h', travaillant à 12 kilog., on a :

$$\frac{f'}{f} = 2 \times 0.8 \times \frac{h^2}{h'^2};$$

et si l'on veut que le rapport $\frac{f'}{f}$ soit égal à 1, il suffit qu'on ait :

$$\frac{h'^2}{h^2} = 1.6, \text{ d'où } \frac{h'}{h} = 1.26.$$

Si la poutre en acier travaillait à 15 kilog., on devrait avoir :

$$\frac{h'^2}{h^2} = 2, \text{ d'où } \frac{h'}{h} = 1.42.$$

Ainsi, en augmentant la hauteur des poutres de 1/4 dans le cas d'un coefficient de travail de 12 kilog., et des $\frac{2}{5}$ dans le cas d'un coefficient de travail de 15 kilog., les flexions resteraient les mêmes. On trouve dans le traité de la construction des ponts métalliques de MM. Molinos et Pronnier, qu'aux ponts de Moissac et d'Aiguillon dont les travées centrales avaient des portées de 67 et de 63 mètres, les plus grandes flèches ont été inférieures à $\frac{1}{3300}$ de la portée pour le premier ouvrage et à $\frac{1}{2500}$ pour le second, flexions très modérées. Comme la hauteur des poutres était $\frac{1}{12}$ de la portée, on voit que, pour conserver les mêmes flèches, il eût suffi d'adopter $\frac{1}{9}$ de la portée pour la hauteur des poutres dans le cas de l'acier travaillant à 12 kilog., et de faire cette hauteur égale à $\frac{1}{8}$ de la

portée dans le cas de l'acier travaillant à 15 kilog. Ces proportions seraient très acceptables. Au pont du Forth, la hauteur des fermes au-dessus des appuis sera de 90^m, soit $\frac{1}{6}$ de la portée environ.

Il me reste à traiter la question de la déduction des trous de rivets. On sait que la diminution de section, causée par ces trous, est compensée par le frottement résultant du serrage des têtes, serrage qui est d'environ 14 kilog. par millimètre carré de section du rivet, lorsque la rivure est bien exécutée. Dans les ponts en acier, l'emploi de la presse hydraulique pour la rivure, en même temps qu'elle ménagera la matière que le bouterollage au marteau pourrait altérer, donnera de fortes garanties. Le remplacement du poinçonnage par le forage à la mèche assurera une plus grande régularité dans le perçage des trous qui ne chevaucheront plus les uns sur les autres pour les tôles superposées, de sorte que les trous seront exactement remplis, autre condition d'une bonne rivure. Il sera seulement nécessaire d'employer des rivets d'un diamètre plus fort pour l'acier que pour le fer. Le diamètre des rivets devra être de $0^m,018$ avec des tôles d'une épaisseur de $0^m,008$, de $0^m,020$ avec des tôles de $0^m,009$, de $0^m,022$ avec des tôles de $0^m,010$, de $0^m,025$ avec des tôles de $0^m,011$ à $0^m,012$. Dans ces conditions, le travail demandé au frottement ne sera que de 7 kilog. par millimètre carré de section du rivet et l'on aura un coefficient de sécurité égal à 2. Il serait donc irrationnel de déduire de la section des tôles celle des trous percés pour les rivets. Cela reviendrait à diminuer gratuitement le coefficient de travail. On l'a toujours compris ainsi en France. M. Morandiere remarque, dans son Traité de la construction des ponts, que les ingénieurs hollandais et allemands font ordinairement la déduction, mais que, par contre, ils admettent pour le fer une limite de travail un peu plus élevée que 6 kilog. par millimètre carré.

La déduction des trous de rivets conduit l'ingénieur et le constructeur à attacher moins d'importance à la qualité de la rivure. On rive moins chaud pour éviter que les têtes des rivets brûlés ne soient exposées à sauter. On tolère des têtes qui ne portent pas sur toute l'étendue des pièces à réunir. La rivure prend du jeu quelque temps après la mise en service et le pont ne présente plus de garanties. Au contraire, quand on fait entrer en ligne de compte le serrage des têtes, on s'attache à vérifier scrupuleusement la rivure et l'on a une construction plus solide et plus durable. Un pont, dont la rivure est imparfaite, ne vaut rien, quelque faible que soit le coefficient de travail.

En résumé, le véritable objectif pour l'art de construire les ponts métalliques, c'est de réduire autant que possible la quantité de matière employée au moyen de l'amélioration de la qualité. Pour permettre d'atteindre ce but, il est, je crois, désirable que l'administration des travaux publics ne fixe pas pour l'acier un coefficient de travail unique, comme on l'a fait peut-être à tort pour le fer, mais qu'elle proportionne ce coefficient à la qualité du métal, en prenant pour principales bases la limite d'élasticité

et l'allongement de rupture. Sinon, l'administration sera conduite à prescrire un coefficient de travail trop peu élevé, correspondant à une qualité médiocre. La métallurgie ne produira plus que cette qualité et le progrès s'arrêtera.

M. le Président. Messieurs, la communication de M. Périssé a donné lieu à une série de discussions et de communications très intéressantes, qui seront consultées avec fruit par tous ceux qui s'occupent des constructions métalliques : je ne saurais donc trop le remercier. Je crois enfin que la question est épuisée : et qu'il a été dit tout ce qu'il y avait à dire sur ce sujet.

Je vous ai fait connaître, à une certaine époque, que le Président de la Société des Ingénieurs civils avait été nommé membre d'une commission destinée à favoriser la participation des ingénieurs et industriels Français à l'Exposition internationale d'hygiène de Londres. L'Exposition est ouverte ; les jurys vont fonctionner très prochainement ; et sur ma proposition ainsi que sur celle de M. Cauvet, directeur de l'École centrale, MM. Jordan, Lavezzari et Émile Muller ont été proposés au Ministre du Commerce, comme membres du jury.

M. le Président. La parole est donnée à M. Armengaud jeune, qui a une communication à présenter à la Société.

M. Armengaud. Messieurs, je vous demande pardon, en dehors de votre ordre du jour, d'attirer votre attention pendant quelques minutes sur une affaire qui a un caractère d'urgence tout à fait exceptionnelle. Voici ce dont il s'agit :

A la suite de la convention internationale intervenue entre les puissances sur la protection de la propriété industrielle, il a été décidé que les différents gouvernements établiraient un grand dépôt central de toutes les pièces constituant les brevets relatifs aux diverses inventions, afin de faciliter la communication de toutes ces pièces, pour éviter au public les difficultés et les peines qu'on éprouve, comme vous le savez, chaque fois qu'on a à consulter un dessin, un dépôt de modèle ou de marque de fabrique ; il faut se déplacer, courir du Conservatoire des Arts et Métiers au Ministère, et *vice-versa*. Enfin quand un brevet se trouve dans la période de passage à la déchéance, après quinze années révolues ; il va du Ministère du commerce au Conservatoire des Arts et Métiers, et c'est là qu'il faut aller le consulter ; c'est donc une grande fatigue et une grande perte de temps. Dans tous les pays, il y a ce qu'on appelle un service central de protection de la propriété industrielle. Le gouvernement français, à la suite de la Convention internationale, va organiser un service central. Or, où va-t-on l'établir? Si l'on s'en rapporte à ce qui se passe au Ministère du Commerce, ce serait à ce Ministère même, que se ferait cette installation. C'est pour cela que la Société des inventeurs et industriels créée par M. le baron Taylor a fait un rapport, qu'elle m'a chargé de déposer sur ce bureau dans lequel nous demandons que ce service central soit installé au Conservatoire des Arts

et Métiers, qu'il soit affecté un local à cette centralisation, et qu'on y établisse le dépôt de toutes les archives relatives à la propriété industrielle.

Eh bien! il est question d'installer un musée commercial au Conservatoire des Arts et Métiers et de l'envahir avec des produits commerciaux, au détriment de l'industrie? De plus, le Conservatoire des Arts et Métiers est tout près de la future École centrale : il sera le laboratoire technique, pour ainsi dire, des élèves de cette École, il ne faut pas lui enlever ce caractère.

Je viens donc vous demander, s'il est possible, sans enfreindre les règlements de la Société, d'obtenir l'expression d'un vœu, ou sinon, d'employer individuellement votre influence pour qu'on ne détache pas du Conservatoire des Arts et Métiers ce qui y reste d'archives industrielles, pour le transporter au Ministère du Commerce, où il faudrait dépenser 5 ou 6 millions pour faire l'installation nécessaire. Voici la conclusion de mon rapport :

« Ne considérant que le point de vue moral, philosophique de la question,
« celui qui satisfait pleinement la raison, on ne doit pas hésiter à faire
« pencher la balance en faveur du Conservatoire. C'est déjà notre grand
« musée national pour l'Industrie. A côté des admirables collections qui
« représentent le passé du travail mécanique, auprès des plans et dessins
« du portefeuille des machines, qui donnent l'idée de l'industrie présente,
« n'est-il pas juste et rationnel de placer les titres qui constituent les états
« civils des inventions et des découvertes sous toutes leurs manifestations,
« en un mot, ce qui prépare l'avenir de la civilisation industrielle. »

M. le Président. La Société fera ce qu'elle pourra pour donner satisfaction à la demande qui lui est adressée par l'Association des Inventeurs et Industriels.

La parole est donnée à M. Plazolles pour sa communication sur l'état des relations industrielles et commerciales entre l'Amérique du Sud et la France.

M. Plazolles. Messieurs, avant de vous exposer les conditions dans lesquelles se trouvent actuellement nos relations industrielles et commerciales avec l'Amérique du Sud, permettez-moi de recommencer en quelques instants avec vous ce tour de l'Amérique du Sud, que j'ai réellement mis quatorze ans à accomplir, de 1869 à 1884. En effet, nous connaissons peu, en France, les pays étrangers, dont nous ignorons généralement la langue; et souvent même, les renseignements inconsidérés fournis par certains voyageurs qui n'ont fait, dans une contrée lointaine, qu'une courte apparition, ont plutôt pour résultat de nous égarer davantage : sans sortir de cette enceinte, je trouverais dans une brochure récemment offerte à la Société par un de nos collègues, un jugement grave, porté trop légèrement sur une population des plus intéressantes de l'Amérique du Sud.

En mettant à part les trois Guyanes anglaise, hollandaise et française,

toute l'Amérique du Sud peut se diviser en deux grandes sections : l'une comprend toutes les anciennes colonies espagnoles qui se sont constituées en neuf républiques indépendantes : le Vénézuela, les États-Unis de Colombie, l'Équateur, le Pérou, la Bolivie, le Chili, la République Argentine, l'État oriental de l'Uruguay et le Paraguay; l'autre section, colonisée par le Portugal, forme l'empire du Brésil. Dans le première section, la langue exclusivement usitée est la langue espagnole; dans la seconde, on parle portugais.

Les premiers colonisateurs, espagnols ou portugais, ont trouvé l'Amérique du Sud peuplée d'une race d'hommes à peau rouge cuivré, qu'ils appelèrent Indiens; vous savez, Messieurs, que Christophe Colomb crut tout d'abord avoir abordé la côte orientale des Indes asiatiques; cette dénomination d'Indiens est restée aux indigènes de toute l'Amérique. Les conquérants détruisirent un grand nombre de ces indigènes, une partie de ceux qui restèrent est entrée dans la vie civilisée, l'autre est demeurée à l'état primitif, habitant surtout l'intérieur du continent, ou quelques régions spéciales, comme la Patagonie et la Terre de Feu; la race indigène indienne paraît appelée, comme il arrive dans l'Amérique du nord, à disparaître de l'Amérique du Sud.

Plus tard, des nègres importés de l'Afrique comme esclaves (l'esclavage n'existe plus qu'au Brésil et doit disparaître dans un petit nombre d'années en vertu des dispositions législatives en vigueur), ajoutèrent un nouvel élément de population, de sorte qu'aujourd'hui nous nous trouvons en présence de trois races : la race blanche, la race rouge, la race noire et de tous leurs croisements.

L'émigration portugaise au Brésil continue toujours très active; sur les 400,000 habitants de Rio-de-Janeiro, on compte 60,000 Portugais : il n'en est pas de même des Espagnols, qui émigrent maintenant en petit nombre dans l'Amérique du Sud, et qui se rendent à peu près exclusivement dans la République Argentine. En somme, la classe aristocratique, la classe dirigeante, est composée de blancs et d'un certain nombre de mulâtres, et la bonne société de l'Amérique du Sud ne le cède en rien, sous le rapport de l'éducation, de la finesse des manières et des habitudes du monde, à la meilleure société européenne.

J'entre dans ces quelques détails, car on m'a fait depuis mon retour, des questions si extraordinaires sur ces contrées, que j'ai cru utile de vous exposer les faits dans toute leur vérité : ils ne sont que trop dénaturés par les récits exagérés des voyageurs et des écrivains. J'ai même lu dans un journal sérieux de Paris, dans un journal du soir, à propos d'un grand personnage arrivé à Paris, une phrase où l'on disait que ce grand personnage était d'un physique agréable et *brun naturellement*. Pourquoi « brun naturellement? » On s'imagine qu'un habitant de l'Amérique du Sud a la peau bronzée : c'est une erreur! c'est une erreur très grave! Les indigènes, oui! mais les colons, les fils de Portugais, d'Espagnols, de Français ont conservé la couleur de leur race et n'ont pas changé; et s'il y a des modifica-

tions, elles sont dues aux croisements; si tel personnage est d'une couleur foncée, c'est qu'il a du sang de nègre dans les veines.

Il est indispensable, à mon avis, Messieurs, si nous voulons développer nos affaires industrielles et commerciales avec ces contrées, de les connaître à fond. La race indienne est paresseuse; la race nègre, libre ou esclave, donne également une faible somme de travail. La bonne main-d'œuvre vient de l'émigration européenne, et surtout de celle italienne et allemande, car, depuis vingt ans, un courant d'émigration italienne et allemande est établi vers le Brésil. Un seul pays de l'Amérique du Sud se suffit à lui-même, sous le rapport de la main-d'œuvre : c'est le Chili, et ce sont les Chiliens qui ont construit tous les chemins de fer du Pérou et qui fournissent à peu près tous les ouvriers des exploitations industrielles des mines, etc., sur toute la côte du Pérou et de la Bolivie. La province de Tarapaca, récemment annexée par les Chiliens après leurs victoires, n'était peuplée que de Chiliens : il n'y avait à peu près de Péruviens que les employés politiques et administratifs. Le Chilien est l'ouvrier des travaux publics, des chemins de fer, etc., etc.

J'ai vu quelquefois certains journaux comparer les conquêtes du Chili à ce qui s'est fait chez nous lors de l'annexion de l'Alsace-Lorraine à l'Allemagne; cette comparaison n'est pas juste, la situation n'est pas du tout la même. Le Chili, en s'emparant de la province de Tarapaca, n'a annexé que de la terre car les populations qui habitaient cette province étaient entièrement chiliennes.

Au Pérou, l'agriculture a dû avoir recours aux Chinois. Ceux-ci étaient engagés généralement à Macao, appartenant aux Portugais. Les contrats de location de service étaient d'une durée de huit ans; l'engagé recevait une piastre par semaine, la nourriture, le logement et le vêtement : c'était un esclavage déguisé. Les entrepreneurs qui se chargaient du transport de la Chine au port de Callao cédaient le contrat passé par eux avec l'engagé au prix de 2500 francs en moyenne. Il existait, au Pérou, avant la guerre avec le Chili, environ 75,000 Chinois importés. La grande culture, au Pérou, consiste à peu près exclusivement dans la canne à sucre, qui y donne des résultats qui ne sont atteints dans aucun autre pays. Le coton, qui y a été cultivé pendant de longues années, a été délaissé et a cédé la place à la canne à sucre. Cette culture est très pénible; en outre, le climat est chaud, et les Européens pouvaient difficilement s'y habituer. Les Chinois ont donc rendu de grands services à cette culture.

Ceci m'amène, après vous avoir parlé des différentes populations de l'Amérique du Sud, à passer en revue les produits naturels de ces contrées. Comme je viens de le dire, au Pérou, nous sommes en présence de la canne à sucre; on y remarque aussi l'industrie minière qui y atteint un développement assez considérable, surtout les mines d'argent. Il y a, au Pérou, à l'est de la Cordillère des Andes, des mines d'argent d'une grande valeur.

Le Chili est habité par un peuple agricole; les principaux produits sont le blé et le vin. On y élève aussi le bétail, et son élevage est une des indus-

tries importantes de la contrée. Le Pérou doit recevoir du Chili toute la viande nécessaire à sa consommation. L'industrie minière, dans ce dernier pays, est très développée : presque la moitié du cuivre consommé dans le monde entier vient du Chili. Les mines d'argent y ont aussi une grande importance. Dans le sud, il y a des mines de houille; à Lota, notamment, on trouve des charbons excellents, employés dans la navigation militaire et marchande.

En faisant le tour par le détroit de Magellan, nous trouvons la République Argentine, qui a une grande importance au point de vue de l'agriculture et de l'élevage du bétail; l'élevage s'y fait sur une grande échelle et donne en grande quantité les viandes et les produits secondaires : peaux, cuirs, crins, cornes, etc. Puis nous arrivons au Brésil :

Dans le sud du Brésil, nous trouvons plusieurs provinces dont la production est analogue à celle de la République Argentine; on y pratique en grand l'élevage du bétail. En arrivant au centre et vers le nord, nous rencontrons la culture du café et la fabrication du sucre. Les produits de ces pays sont donc surtout des matières premières, ce ne sont pas des produits fabriqués; ces peuples ne sont pas des peuples industriels, et ils tirent tous leurs produits manufacturés de l'Europe. Examinons donc dans quelles conditions de relations industrielles ou commerciales nous nous trouvons avec ces pays.

J'ai le regret de dire que, sous le rapport des relations industrielles ou commerciales avec ces contrées, la France perd du terrain; la concurrence étrangère, surtout la concurrence anglaise et la concurrence allemande, lui fait un tort considérable et a un grand succès dans l'Amérique du Sud, surtout au Brésil. Habitant ce pays depuis sept ans, j'en ai été témoin, et je dois donner ici quelques renseignements sur la manière dont cette concurrence se fait, afin de permettre aux industriels et aux commerçants français de pouvoir lutter contre elle.

La concurrence allemande, je puis le dire, est déloyale. Elle ne se fait pas en offrant les produits à un prix inférieur; les Allemands établissent surtout la concurrence en trompant sur la provenance des produits, sur la marque de fabrique. La plupart des produits vendus, dans le Brésil, portent une marque française et sont vendus à des prix en rapport avec les prix français, c'est-à-dire que les Allemands n'abaissent pas le prix des produits qu'ils vendent au Brésil, ils ne font pas la concurrence du bon marché; ils vendent des produits allemands revêtus d'étiquettes françaises, à un prix même rémunérateur pour un produit similaire, réellement français. Comment lutter contre cette concurrence? Le meilleur moyen serait d'avoir des agents français, dans les pays étrangers, qui feraient connaître la provenance du produit et diraient aux consommateurs : Ce produit est allemand et cet autre est français. Nos consuls devraient être à même de donner des renseignements de ce genre; mais il n'en est rien. Les consuls de France à l'étranger, non seulement n'ont pas la compétence, ni industrielle, ni commerciale, nécessaire pour s'occuper utilement de ces questions, mais,

en raison même de l'organisation consulaire, ils ne peuvent arriver à recueillir les renseignements indispensables : nos consuls ne résident pas assez longtemps dans le pays où on les envoie, et j'ai même vu bien souvent des consuls français, à l'étranger, qui ne savaient pas la langue du pays où ils résidaient. De plus ils y restent peu de temps; le consul de carrière, qui est nommé et envoyé dans l'Amérique du Sud, cherche à partir le plus tôt possible pour revenir en Europe : et même, dans certaines localités qui offrent peu d'attrait, le séjour d'un consul est limité à deux ans; à Rio-de-Janeiro, par exemple, un consul français reste peu de temps et est appelé à un autre poste au bout de ce court espace de temps. Dans ces conditions, les consuls n'ont donc pas l'expérience nécessaire pour donner à l'industrie et au commerce des renseignements utiles.

A côté des consuls de carrière, il y a les consuls *ad honorem*, qui sont choisis surtout parmi les notables commerçants. Là, il y a un autre inconvénient: les commerçants ou industriels établis à l'étranger ont un cercle d'affaires dans lequel ils désirent qu'on n'entre pas, et, bien souvent, le résident français à l'étranger ne donne pas de renseignements exacts, il laisse chercher, de façon à s'assurer le monopole des affaires qu'il a entreprises.

Vous voyez donc deux inconvénients qui empêchent les consuls, ou résidents français de donner des renseignements exacts. Cette question a été traitée ici, dernièrement, par M. Max de Nansouty, qui proposait d'attacher des ingénieurs qui pourraient donner dans les consulats les renseignements nécessaires aux industriels et aux commerçants : c'est une question nouvelle et très importante qui sera certainement étudiée avec soin; mais il est évident qu'on ne pourrait avoir des renseignements exacts, qu'à condition de donner ces fonctions à des personnes compétentes, connaissant parfaitement la langue et les coutumes du pays, et ayant une connaissance profonde des conditions du commerce et de l'industrie.

On a dit quelquefois : il est difficile que la France prenne une position prépondérante en pays étranger, parce que le Français n'aime pas émigrer. Je ne crois pas nécessaire d'avoir un grand nombre d'émigrants français à l'étranger : il suffit d'y avoir des capitaux et des intelligences; en y envoyant des capitaux, de jeunes ingénieurs, des contremaîtres, nous aurons assez fait pour protéger nos relations industrielles et commerciales avec les pays étrangers.

Je dois dire, du reste, que cette concurrence serait facile à établir. J'ai constaté moi-même, et il y a de nombreuses preuves, soit dans la presse, soit dans les décisions du gouvernement qu'il y a une grande sympathie pour le Français dans l'Amérique du Sud, c'est le Français qui y est le mieux accueilli, j'en ai fait l'expérience personnellement. Si nous avions des agents connaissant bien le pays et donnant aux industriels et commerçants français des renseignements précis, il est certain que nous pourrions augmenter nos affaires avec l'Amérique du Sud. Dans ce pays, la concurrence, comme je le disais tout à l'heure, ne vient pas du prix; on ne cherche pas le bon

marché par-dessus tout : l'Américain du Sud a du goût, il dépense l'argent aussi facilement qu'il le gagne et il recherche surtout les objets de première qualité. Il faudrait renoncer à cette expression, vulgarisée à Paris, « d'articles d'exportation ; » car on n'entend désigner, par ces mots, que des objets excentriques ou de qualité inférieure. Nous n'en sommes plus à l'époque de Christophe Colomb, à l'époque où on envoyait des navires chargés de verroterie que l'on donnait aux Indiens en échange de leur poudre d'or : nous sommes en présence d'une civilisation très développée et peut-être plus raffinée que la nôtre ; il lui faut donc des produits appropriés à ces besoins et de première qualité. Il faut en conséquence persévérer dans cette bonne fabrication française dont la réputation est faite dans le monde entier. Et ne pas chercher à imiter l'Allemagne ; je crois qu'il vaut mieux s'attacher à avoir de bons procédés de fabrication, tout en cherchant à réaliser le bon marché.

Je désire servir d'apôtre dans ces questions, et conseiller aux jeunes ingénieurs de ne pas hésiter à aller dans ces pays ; j'ai eu la satisfaction d'en diriger depuis peu trois dans le Brésil et dans la République Argentine, et je crois qu'ils n'auront pas lieu de regretter d'avoir suivi mes conseils et qu'ils seront satisfaits. Il ne faut pas croire que ces pays sont malsains, que le climat est meurtrier.

En prenant les précautions d'usage et en suivant les règles de l'hygiène, on ne s'y porte pas plus mal qu'ailleurs. Également, au point de vue de la sécurité, ces pays sont excellents ; je n'ai jamais vu une capitale comme Rio-de-Janeiro ; il y a peu de police ; et elle n'apparaît pas ; la population est paisible, aimable, facile à gouverner, de rapports agréables, et l'on n'a pas à craindre, comme quelques voyageurs l'ont dit, d'être assassiné par un Gaucho, ou de recevoir une flèche empoisonnée d'un Indien, ou d'être victime de la morsure d'un serpent ; ce sont des récits exagérés. Je connais des ingénieurs qui ont refusé d'aller en Amérique en raison de ces légendes. Je vous citerai à ce sujet un fait remarquable : une compagnie française importante n'a eu pour personnel, depuis le chef jusqu'aux employés secondaires, que des Italiens. Ce premier personnel a disparu peu à peu, et aujourd'hui, cette compagnie française n'a plus que des employés brésiliens. Ceci tient à la résistance des ingénieurs et des employés à aller dans ces pays, les croyant malsains et inhabitables. Je voudrais, pour ma part, faire disparaître ce préjugé, préjudiciable à nos intérêts, et engager vivement nos jeunes ingénieurs à aller dans ces pays, à en connaître la langue et les coutumes, afin d'y créer de grandes relations industrielles et commerciales.

Je n'ai pas la prétention d'avoir aujourd'hui étudié la question d'une façon complète : j'ai voulu seulement donner des indications générales et faire disparaître certains préjugés très nuisibles au développement de nos relations avec ces pays.

M. Simon. Je voudrais demander à M. Plazolles ce qu'il pense de la création de chambres de commerce françaises à l'étranger et notamment au Brésil.

M. Plazolles. Cette idée, dans l'Amérique du Sud et à Rio-de-Janeiro en particulier, n'a pas eu de succès. J'ai fait allusion, tout à l'heure, au principe qui guide les commerçants français établis dans ce pays; et qui cherchent à créer un noyau dans lequel on ne puisse pénétrer. Ils disent : nous sommes ici depuis longtemps, nous avons fait des sacrifices de toutes sortes pour y assurer notre situation; et si nous donnons les renseignements qu'on nous demande, nous allons faire connaître la place, notre monopole nous sera enlevé par la concurrence, nous ne le voulons donc pas. Ce n'est pas un procédé très libéral ni très patriotique. Je crois qu'on n'arrivera pas à la fondation de chambres de commerce dans l'Amérique du Sud; ou alors, elles seront peut-être habituellement formées pour dévoyer l'opinion de la métropole. Je crois que, pour avoir des renseignements exacts et précis, le meilleur moyen est d'attacher aux consulats des hommes compétents et indépendants, soit des ingénieurs, soit des spécialistes.

M. Marguerite Delacharlonny. Je viens de voir un de nos camarades qui est au Brésil depuis dix-sept ans; et il m'a dit qu'une des causes pour lesquelles les machines françaises, entre autres, n'étaient pas introduites au Brésil, c'est parce qu'on manquait de conducteurs de ces machines. Il ma cité un fait, où on a pris des machines anglaises parce qu'on avait seulement des contremaîtres anglais pour les diriger.

M. Plazolles. Je citerai un autre exemple. Dans une filature de coton, le directeur a pris des machines anglaises, parce qu'il s'est trouvé en relations, à Rio-de-Janeiro, avec des ingénieurs des maisons et des banques anglaises, et qu'il lui aurait été difficile de faire une transaction en France. Nous manquons de banques et d'éléments financiers à l'étranger. J'éprouve de grandes difficultés à faire des affaires, en Amérique, ou alors je les fais avec des anglais, parce que je ne trouve pas sur place de maisons françaises à qui m'adresser.

M. Marguerite. N'avez-vous pas trouvé de grandes difficultés parmi les commerçants ou les industriels français, pour obtenir du crédit? Les Allemands et les Anglais donnent plus de crédit, parce que les renseignements qui leur sont fournis sont plus complets et leur permettent d'avoir plus de confiance.

M. Plazolles. Ce n'est pas, à mon avis, une question de confiance, c'est une question de procédé. Les Allemands et les Anglais ont plus de hardiesse et font les affaires avec plus de facilité, parce qu'ils ajoutent 20 pour 100 aux bénéfices qu'ils prélèvent sur la vente de leurs produits, pour se couvrir des pertes auxquelles ils s'exposent. Ils ont plus de hardiesse dans les affaires, ce n'est pas parce qu'ils sont mieux renseignés. Quand une maison anglaise reçoit une commande, elle envoie immédiatement les objets : une maison française, au contraire, tarde à opérer la livraison, et manque les affaires. Les Anglais disent : « Nous allons être maîtres de la place; nous savons que nos pertes seront peut-être de 20 pour 100, établissons les prix en conséquence. » La concurrence se fait surtout sur la commodité avec laquelle on fait les opérations. Les ingé-

nieurs brésiliens, chiliens, péruviens, ne sont pas obligés de travailler comme nous; ils arrivent à des positions brillantes sans grand travail; ils cherchent donc partout la facilité des opérations. De plus dans les annonces françaises, vous voyez les usines françaises cacher leurs documents, ne pas publier les prix : les Anglais au contraire agissent tout autrement; dans l'*Engineering*, par exemple, bien souvent vous voyez une machine avec un dessin complet et l'indication des poids et des prix. J'ai été témoin de ce fait, dans les chemins de fer brésiliens, que les ingénieurs demandaient des grues en Angleterre, parce qu'ils avaient des données complètes dans les annonces du journal. Le Français est plus craintif; les Allemands et les Anglais sont plus aventureux. Est-ce une qualité ou un défaut? C'est une question à examiner; entre ces deux extrêmes, il y a peut-être un moyen terme à prendre. A mon avis, il faudrait avoir, à l'étranger, des agents français qui donneraient des renseignements précis; je suis convaincu que beaucoup d'entreprises pourraient se traiter dans l'Amérique du Sud et que les affaires françaises y auraient un grand développement si ces agents existaient, parce que, à l'aide de ces renseignements, les commerçants français seraient alors complètement rassurés.

M. Brüll. Est-ce que le gouvernement brésilien ne donne pas aux chemins de fer des garanties plus importantes qu'en France ?

M. Plazolles. Il a été voté qu'une somme de 250 millions de francs employée à la construction des chemins de fer recevrait une garantie de 7 pour 100, cette garantie a été ensuite abaissée à 6 pour 100. On a également donné 7 pour 100 pour la construction d'usines à sucre. Mais, toutes ces affaires ont été prises par les Anglais; à peine la Compagnie de Fives-Lille a-t-elle construit l'usine de Quissama; cependant, j'ai été témoin moi-même de faits très favorables aux Français. Un ministre des travaux publics du Brésil, qui était très apprécié et à qui on a élevé une statue à Rio-de-Janeiro, désirait amener au Brésil la concurrence française; c'est même avec sa protection que les deux compagnies françaises de chemins de fer qui existent actuellement au Brésil se sont organisées; il avait beaucoup de sympathie pour la France; peut-être avait-il aussi en vue d'établir la concurrence dans l'intérêt du pays; mais il est mort, et depuis, je ne vois pas que les Français se soient agités pour faire concurrence aux Anglais, sur ce marché qui est très important. Dernièrement, il s'agissait de la fourniture du gaz pour Rio-de-Janeiro, qui est une ville de 400,000 habitants, et où toutes les maisons sont éclairées par ce procédé; la compagnie anglaise, qui avait cette fabrication, avait son contrat terminé, et il s'agissait de le renouveler : je crois que si cette affaire eût été connue en France, des concurrents français se seraient présentés; on peut ainsi calculer les conséquences considérables que l'obtention d'une pareille concession aurait entraînées pour l'industrie française; il suffit, en effet, d'avoir un chemin de fer, une fabrication de gaz, etc., dans un pays, pour y appeler un développement d'affaires connexes considérable.

M. Marguerite. Notre camarade M. Bonjean m'a dit qu'il venait en France

pour réinstaller cette grande filature dont vous avez parlé, et qui est brûlée. Ses paroles ont été les suivantes : J'ai beaucoup de sympathie pour la France, mais je n'ai pu y acheter que les turbines; j'ai commandé les charpentes métalliques en Belgique, et les métiers en Angleterre.

M. PLAZOLLES. Pour compléter ce renseignement, permettez-moi d'ajouter que, dans la filature brûlée, le matériel n'a pas été complètement détruit; comme c'était un matériel anglais, il était tout tout naturel qu'il s'adressât aux Anglais pour le compléter.

M. NOBLOT. Il n'est pas étonnant, puisqu'il s'agit de filature, que M. Bonjean n'ait pas acheté le matériel en France, où on en construit plus. Nous-mêmes, filateurs français, nous sommes obligés de l'acheter à l'étranger.

M. PLAZOLLES. J'avoue que je continue à considérer comme français les fabricants Alsaciens-Lorrains.

M. SIMON. A l'appui de l'observation de M. Noblot il convient d'ajouter que si après la perte de l'Alsace, d'importants ateliers de construction pour les machines de filature n'ont pas été réédifiés en France. C'est que, lors de la discussion des tarifs de douane en vue des traités de commerce, l'existence des industries textiles a été trop marchandée.

M. NOBLOT. La preuve, c'est que, lorsque l'Alsace était française, elle en construisait et en construit encore; ses établissements étaient même très prospères; avant l'annexion, elle en fournissait beaucoup, et nous lui donnions la préférence sur la construction anglaise.

M. LE PRÉSIDENT. Il est certain que le Brésil ouvre un vaste champ à l'industrie française; si elle voulait en profiter, il lui offrirait des ressources considérables. Comme vient de le dire M. Plazolles, les Français y sont bien vus; malheureusement, ils sont en petit nombre, et ils vont craintivement. Le Français aime à rester chez lui; il aime surtout à y revenir.

M. MARGUERITE. A propos du climat, je dois dire qu'il y a une maison française, au Brésil, où trois personnes sont allées et où elles sont mortes successivement. C'est alors que M. Bonjean a été choisi parce qu'il était acclimaté.

M. PLAZOLLES. En somme la mortalité au Brésil n'est pas plus élevée qu'en France.

M. LE PRÉSIDENT. L'heure avancée ne permettant pas à M. Garnier de faire sa communication, nous la remettrons à la prochaine séance.

MM. Cabasse, Destabeau, Garnier, Hegelbacher, Merklen ont été admis comme membres sociétaires et MM. Brancher et Taittinger comme membres associés.

La séance est levée à onze heures moins le quart.

Séance du 20 Juin 1884.

PRÉSIDENCE DE M. DE COMBEROUSSE, *Vice-Président.*

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 6 juin est adopté.

M. LE PRÉSIDENT. Messieurs, je regrette que ce ne soit pas notre Président, M. Martin, qui préside cette séance du milieu de l'année, qui est une Assemblée générale : il est retenu à Londres, où il se trouve en ce moment avec la réunion des chefs de service des chemins de fer; il nous reviendra à la prochaine séance.

Conformément à l'article 17 des Statuts, nous avons à entendre l'Exposé de la Situation financière de la Société. Notre trésorier, M. Loustau, est également absent; il est à Londres avec M. Martin. M. Husquin de Rhéville va nous lire l'Exposé de la Situation financière.

M. LE TRÉSORIER indique que le nombre des Sociétaires, qui était, au 21 décembre 1883, de.	2037
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, pendant le 1er semestre 1884, de.	57
Ce qui nous donne un total de.	2094
dont il y a à déduire, par suite de décès pendant ce semestre.	20
Nombre total des Sociétaires au 20 juin 1884.	2074

Les recettes effectuées pendant le 1er semestre 1884 se sont élevées à :

	fr. c.	fr. c.
1° Pour le service courant (droits d'admission, cotisations, locations de salles, intérêts d'obligations, amendes, vente de mémoires, annonces).	41,861 94	44,718 94
2° Pour le fonds social inaliénable (4 exonérations).	2,400 »	
3° Dons volontaires.	457 »	
Il reste à recouvrer en droits d'admission et cotisations. . .		47,086 »
Total de ce qui était dû à la Société.		91,804 94

Au 21 décembre 1883, le solde en caisse était de	13,518 31	58,237 25
Les recettes effectuées pendant le 1er semestre de 1884, se sont élevées à	44,718 94	

Les sorties de caisse du semestre se sont élevées à :

1° Pour dépenses courantes diverses (contributions, assurances, intérêts de l'emprunt, appointements, impressions, affranchissements, frais généraux, etc.)	36,942 »	38,442 »
2° Remboursement de 3 obligations (capital inaliénable)	1,500 »	
Il reste en caisse à ce jour		19,795 25

D'après le détail de la situation présentée par le Trésorier, le fonds courant et le capital inaliénable sont constitués de la manière suivante à la date du 20 juin 1884.

L'avoir du fonds courant se compose :

1° De l'encaisse en espèces	13,046 98
2° De 234 obligations du Midi, ayant coûté	82,362 34
Total du fonds courant	95,409 32

La Société possède en outre comme fonds social inaliénable :

1° En espèces		6,748 27	278,847 37
2° 19 obligations du Midi, provenant du legs Nozo		6,000 »	
3° 15 obligations au porteur, provenant du legs Le Roy		5,392 20	
4° Un hôtel dont la construction a coûté	278,706 90	260,706 90	
sur lequel il reste dû	18,000 »		
Total de l'avoir de la Société			374,256 69

Les comptes ci-dessus sont approuvés à l'unanimité.

Conformément à la proposition de M. le Trésorier, il est procédé au tirage des douze obligations, que le Comité a décidé, MM. De Dax, Gallais et Simon sont désignés pour procéder à ce tirage. Les obligations portant les numéros 4 — 6 — 29 — 36 — 68 — 69 — 72 — 105 — 130 — 140 — 154 et 159 ont été extraites de la roue et seront remboursées.

M. le Président se permet de répéter ce que notre Trésorier a l'habitude de dire avec tant d'humour tous les ans : ceux de nos Collègues, dont les

obligations sont sorties à ce tirage, nous feront grand plaisir de laisser dans notre caisse, qui en a bien besoin, les 500 francs de l'obligation dont le numéro est sorti.

Il propose ensuite de voter des remerciements à notre devoué Trésorier qui prend tant de soins des intérêts de la Société; ces remerciements sont votés à l'unanimité.

M. le Président. L'ordre du jour appelle la remise des médailles d'or à décerner aux meilleurs mémoires entendus par la Société en 1883. Cette année, la Société peut disposer de deux médailles parce qu'il n'en a pas été accordé l'année dernière. Je vous demande la permission de faire précéder la remise de ces médailles de courtes explications.

Trois travaux importants, à différents points de vue, ont fixé spécialement l'attention des sections de votre Comité et du bureau; ce sont :

1° Le mémoire de M. Brüll sur la chaîne flottante des mines de fer de Dicido, dans la province de Santander, en Espagne;

2° Celui de M. Gustave Cabanellas sur le transport de l'énergie sous forme mécanique, par les machines dynamo-électriques;

3° Enfin, celui de M. Appert sur l'emploi de l'air comprimé pour le soufflage et le travail du verre.

Nous n'avons pas à faire ici l'éloge du travail de M. Brüll : il a été accueilli avec un vif intérêt par la Société, et nous ne faisons pour ainsi dire que ratifier les sentiments qu'elle a manifestés, en remettant à M. Brüll la médaille qui lui rappellera vos applaudissements. Son mémoire est complet, c'est un véritable type pratique, où la théorie dit son mot, d'une manière ingénieuse, toutes les fois qu'il est nécessaire.

Une objection, de principe seulement, a été soulevée lors de la discussion relative à l'attribution des médailles. M. Brüll a l'honneur d'être, cette année, l'un de vos vice-présidents et, d'après le programme, les membres du Comité sont exclus du concours; mais, l'année dernière, au moment où il vous lisait son mémoire, il n'appartenait même pas au Comité; par conséquent, ses droits à la médaille étaient entiers, et nous avons cru que vos suffrages ne pouvaient pas avoir pour effet de priver M. Brüll d'une distinction à laquelle tous les membres de notre Société attachent avec juste raison le plus grand prix.

M. Sévérac fait observer que M. Brüll a présenté son mémoire dans le courant de l'année 1882-1883. Dans le courant de cette année, on a décerné ou on pouvait décerner des médailles, et il me semble que, dans cette année 1882-1883, il avait le droit d'en recevoir une; il ne l'a pas eue! Je ne comprends pas que, dans l'exercice 1883-1884, alors que M. Brüll est en même temps juge et partie, le Comité la lui ait décernée.

J'en parle d'autant plus impartialement que M. Brüll a toujours reçu de nous l'accueil le plus sympathique, dû à son talent, à ses travaux remar-

quables, très complets et souvent très élevés; et je crois que si M. Brüll cédait sa place de membre du Comité pendant une année encore, il présenterait un mémoire qui serait applaudi comme tous les mémoires qu'il nous a communiqués, et alors on serait heureux de lui accorder cette médaille; d'autant mieux qu'il pourrait dire : cette année les juges sont complètement impartiaux; tandis qu'actuellement, peut-être il n'en est pas ainsi, parce que, aujourd'hui, M. Brüll fait partie du Comité, c'est-à-dire des juges, et, à mon sentiment, on ne peut pas être juge et partie.

M. le Président. Messieurs, je n'avais pas fini ce que je voulais dire. Je n'ai pas besoin d'ajouter à ce que vient de dire notre honorable collègue, que M. Brüll s'est bien gardé d'assister aux réunions du bureau où cette question a été traitée et que, par conséquent, il n'a pas été juge et partie. Vous connaissez assez M. Brüll pour que je n'aie pas besoin d'insister sur ce point.

M. Sévérac. La femme de César ne doit pas être même soupçonnée.

M. le Président. Je ne comprends pas bien l'argument de notre collègue. Quand une médaille n'a pas été accordée, elle rentre dans notre petite fortune pour l'année suivante, et je crois que nos deux médailles comptent en réalité pour l'exercice 1883. Or, dans cette année 1883, M. Brüll avait été nommé membre du Comité, et, pour des raisons que nous n'avons pas à connaître, il n'a pas accepté. Donc, dans l'année 1883, M. Brüll n'a en aucune façon appartenu au Comité. L'année suivante, la Société et lui-même sont revenus à des sentiments qui n'auraient jamais dû cesser d'exister ; vous l'avez reconnu par vos suffrages, puisque vous l'avez élu vice-président. Nous ne pouvons pas changer la loi. Un membre du Comité ne peut pas concourir; mais on peut ne pas être membre du Comité l'année où l'on présente un mémoire, et l'être l'année suivante; quand on n'est pas membre du Comité, on peut concourir. Or, l'année où il a présenté son mémoire, M. Brüll n'était pas membre du Comité. La question a été soulevée et résolue par la section ; le bureau a ratifié la solution de la section, et je crois que l'Assemblée doit la ratifier. Nous ne pouvons pas être soupçonnés de donner la médaille à M. Brüll, parce qu'il est en ce moment notre collègue au Comité, et je pense qu'on est persuadé que nous la lui donnons parce qu'il a fait un mémoire digne de cette distinction.

M. Brüll. Messieurs, je n'ai pas besoin de vous dire combien je suis heureux et fier que mon modeste travail ait mérité les suffrages de la section et du bureau. Je ne voudrais pas prendre la médaille, si je ne la tenais de la Société. Du moment qu'il y a eu des observations, je crois qu'il vaudrait mieux laisser cette médaille (Non ! Non !). Il est du reste bien certain que je n'ai pas pris part à la discussion.

M. J. Garnier. Messieurs, j'ai à vous citer un fait analogue, un fait identique, qui vient de se passer à la Société de Géographie, où je suis membre de la Commission. Nous venons de décerner à notre vice-président actuel, la médaille d'or, pour un travail très important sur les recherches au

fond de la mer. Personne de nous n'a fait d'objection à la remise de cette récompense à M. Alphonse Milne Edwards. C'est absolument le cas de M. Brüll.

M. Sévérac. Le règlement de la Société de Géographie dit-il quelque chose sur ce sujet ?

M. J. Garnier. Il dit exactement la même chose que le règlement de la Société des Ingénieurs civils. Nous avons soulevé la question au moment de décerner la médaille, et nous avons constaté que les travaux avaient été faits à une époque où M. Milne Edwards n'était pas membre du Comité.

M. Régnard. Messieurs, il peut y avoir une légère ambiguïté dans le règlement, en ce sens qu'il n'est pas explicitement indiqué si la personne est exclue parce qu'elle fait partie du Comité l'année où elle présente son mémoire, ou parce qu'elle en fait partie l'année où la médaille est décernée. La commission a jugé la question, à la réunion, puisque la solution qu'elle a présentée au Comité a été adoptée, et je crois que vous devez l'adopter, sauf à réserver une revision des termes du règlement pour faire cesser l'ambiguïté. Mais, en présence de l'opinion du Comité, et à raison de la vive sympathie que nous inspire M. Brüll, c'est par acclamation, et je crois que M. Sévérac ne refusera pas sa voix, que nous devons ratifier ce qui a été fait par le Comité.

M. le Président. Je vois que nous avons l'unanimité; nous en sommes très heureux.

La médaille est remise à M. Brüll. (*Applaudissements.*)

Messieurs, le mémoire de M. Gustave Cabanellas renferme des vues originales, des remarques très utiles au point de vue des applications. Notre collègue est certainement un de ceux qui ont le plus fait pour la vulgarisation de la grande, mais délicate idée, du transport de l'énergie par l'électricité, et nous espérons que la médaille qui lui est décernée lui semblera une récompense de ses longs et patients efforts.

La médaille est remise à M. Cabanellas. (*Applaudissements.*)

Enfin, Messieurs, je dois vous dire que nous aurions été très heureux d'avoir à donner une troisième médaille, car le mémoire de notre collègue M. Appert, nous a semblé tout à fait digne de vos suffrages; seulement il y avait une petite objection, c'est que le mémoire de M. Appert, bien qu'écrit spécialement pour la Société, n'était pas complètement inédit; les principaux résultats en avaient déjà été communiqués ou soumis à d'autres sociétés savantes : à la Société d'encouragement, à l'Académie des sciences. Or, d'après un article de notre règlement, le travail examiné, doit, pour avoir droit à une récompense, être aussi inédit que possible. C'est cette raison qui nous a décidés à écarter M. Appert, seulement nous voudrions que l'expression si sympathique de notre jugement tînt lieu à M. Appert d'une mention honorable, que nous n'avons pas le droit, malheureusement d'inscrire au procès-verbal de cette séance.

Je serais heureux si les applaudissements de l'Assemblée venaient ratifier mes paroles. (*Vifs applaudissements.*)

Je vous demande pardon de vous avoir donné ces explications, qui n'étaient peut-être pas tout à fait inutiles, et je reviens à l'ordre du jour.

La Société a reçu deux ouvrages que nous devons signaler :

1° De M. Baudson, membre de la Société; un exemplaire de son ouvrage intitulé *Tracé des Chemins de fer, Routes, Canaux, Tramways*, etc. ;

2° De M. Hersent, membre de la Société, un exemplaire de son étude sur les *Nouvelles installations maritimes du Havre et l'achèvement des digues de la Seine.*

M. Hersent nous a déjà parlé de ces travaux, il nous en parlera encore. Nous ne pouvons que le remercier vivement du don de ce bel ouvrage qui tiendra une place si honorable dans notre bibliothèque.

M. Jules Garnier a la parole au sujet d'un « nouveau système de traitement des minerais sulfurés de nickel. » (Voir le mémoire, page 715.)

M. Regnard demande à M. J. Garnier quel est le garnissage du convertisseur.

M. J. Garnier répond que, comme pour le traitement des cuivres, par le procédé Manhès, il se compose d'un pisé siliceux qui se combine peu à peu avec l'oxyde de fer formé. On refait le garnissage au bout d'un certain nombre d'opérations, quand on s'aperçoit qu'il est rongé.

M. le Président remercie M. J. Garnier de son intéressante communication et il espère que la nouvelle méthode qu'il vient de nous faire connaître obtiendra le succès qu'elle mérite.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Cotard sur les entreprises de travaux d'irrigation.

M. Cotard. Messieurs, je me propose de vous entretenir encore aujourd'hui des canaux d'irrigation, ne me lassant pas, et je voudrais pouvoir me dire que je ne vous lasse pas non plus, de reprendre et de retourner cette question, qui me paraît si importante au point de vue agricole et au point de vue économique.

Depuis que je me suis spécialement attaché à l'étude de ce problème du régime des eaux et de leur emploi pour l'agriculture, j'ai été frappé d'un caractère singulier de cette question, c'est que, pour beaucoup de personnes, elle est à la fois banale et utopique.

Quand il est parlé des avantages de l'irrigation, on ne manque pas, en effet, de répondre que c'est là une chose connue et on vous accuse de rebattre un lieu commun. Mais ceux qui tiennent ce langage, ajoutent en même temps que si l'irrigation est fort avantageuse pour l'agriculture, elle est limitée à des circonstances particulières, à des contrées fort restreintes;

on prétend que l'eau manque, que les populations montrent peu d'empressement pour créer de nouveaux canaux; que la propriété est trop divisée; que la dépense à faire est trop grande par rapport aux revenus qui en résulteraient; bref, ces mêmes personnes qui vantent les avantages immenses de l'irrigation, se montrent incrédules dès qu'il s'agit d'engager les deniers publics ou de s'engager elles-mêmes dans des entreprises de ce genre. Il y a là une sorte de contradiction; car on conçoit difficilement que des opérations qui ont pour résultat de doubler, tripler et parfois de décupler la valeur du sol ne puissent pas être très fructueuses, non seulement au point de vue de l'intérêt général du pays, mais aussi au point de vue des capitaux qui s'y engagent.

Or, c'est un fait malheureusement exact que la plupart des entreprises de canaux d'irrigation ont été fort médiocres; il y a peu d'actions de compagnies de canaux agricoles qui ne soient dépréciées. Aussi les capitaux ne s'engagent-ils qu'avec une défiance extrême dans des affaires de ce genre. Une telle contradiction, outre les avantages généraux universellement reconnus des entreprises de canaux d'irrigation et le peu de succès financier de ces mêmes opérations, méritait d'être examinée avec attention.

J'ai tâché d'élucider cette question; de voir, d'une part, pourquoi les entreprises d'irrigation ont été mauvaises, et, en second lieu, de rechercher ce qui leur a manqué pour qu'elles devinssent des entreprises allant de pair avec les autres entreprises de travaux publics, comme les chemins de fer, par exemple, dont les valeurs sont entrées dans le cours ordinaire de la fortune publique.

Examinons d'abord les objections que l'on oppose communément; elles sont de deux natures : théorique et économique.

Au point de vue théorique, on a dit que les entreprises d'irrigation étaient restreintes à cause du manque d'eau, qui fait défaut dans les époques où l'agriculture en aurait besoin.

C'est là un point qui touche à la question générale du régime des eaux. J'ai essayé de montrer, dans diverses communications que j'ai présentées à la Société, à quelles causes était due la pauvreté croissante des étiages de la plupart des cours d'eau. J'ai cherché à expliquer comment le régime des rivières se modifie par le fait même de l'usure des seuils naturels des rivières et de l'épuisement des réservoirs supérieurs et comment il prenait peu à peu le caractère torrentiel, c'est-à-dire présentant des écarts de plus en plus grands, fortes crues de peu de durée et débits d'étiage presque nuls.

Ce régime, qui tend à se généraliser par le seul fait de l'action des eaux sur le sol et dans les lits qu'elles se creusent, a encore été aggravé par des travaux entrepris inconsciemment, qui ont consisté, les uns à enlever les barrages naturels du lit des rivières pour faciliter la navigation, les autres à assécher des étangs dans un but d'hygiène et de salubrité. L'expérience a déjà montré que la navigation n'avait guère profité de ces travaux si nuisibles au régime des cours d'eau. Quant aux desséchements de lacs et d'étangs on a pu reconnaître aussi que ce ne sont pas les surfaces d'eau qui sont

insalubres, mais seulement leurs bords marécageux, et qu'il était possible de faire disparaître cette cause d'insalubrité sans détruire le réservoir d'eau.

Il est vrai qu'au milieu de l'assèchement général que subit le sol par suite de l'épuisement des réserves d'eau de toutes sortes, ce n'est plus que dans les bas-fonds que l'on trouve encore un peu d'humidité, et que le besoin de créer des prairies a poussé encore à la mise en culture des fonds d'étangs. Pour toutes ces raisons on s'est mis de toutes parts à dessécher ces étangs et à faciliter les écoulements d'eau.

Aussi a-t-on vu les étiages baisser partout et les quantités d'eau diminuer. On est ainsi conduit à examiner la possibilité de reconstituer des réservoirs pour mettre en réserve les eaux qui se perdent pendant les crues et qui sont nécessaires à l'agriculture.

Je ne reviendrai pas sur cette question que j'ai déjà développée ici ; j'en rappelle seulement les principes pour répondre à l'objection du manque d'eau soulevée contre la création de nouvelles irrigations. J'aurai d'ailleurs occasion d'y revenir en vous faisant connaître des applications pratiques de ce système qui sont actuellement à l'étude dans le midi de la France.

Je passerai maintenant aux objections économiques, c'est-à-dire au coût trop élevé des canaux par rapport aux résultats à obtenir.

Plusieurs causes ont contribué à mon avis, à rendre onéreuses les entreprises d'irrigation.

Il convient tout d'abord de signaler une différence caractéristique qui les distingue des autres entreprises telles que les chemins de fer ; c'est que les bénéfices des entreprises de canaux d'irrigation sont limités à un maximum qui ne peut pas être dépassé. Pour les chemins de fer, par exemple, on peut se faire des illusions sur leur rendement, mais rien ne prouve que les espérances que l'on fonde sur leur trafic ne se réalisent pas. Le trafic peut se développer dans de grandes proportions et donner aux lignes construites des profits de plus en plus grands. Telle ligne de chemin de fer pour laquelle on suppose que le trafic attendra 7 ou 8,000 francs par kilomètre, peut parfaitement réserver des surprises, et rien ne prouve que ce trafic ne sera pas plus élevé. Il en est de même pour la plupart des entreprises industrielles.

Dans les affaires d'irrigation, c'est absolument différent et pour mieux me faire comprendre, je prendrai un exemple, avec des chiffres supposés.

Admettons qu'il s'agit d'un canal débitant 6 mètres cubes ; le litre d'eau d'irrigation se paye généralement 50 francs ; il faut en déduire les frais d'entretien, mais, il y a à ajouter, dans les pays de vignobles, le produit des redevances pour les submersions d'hiver, et divers autres produits pour fourniture d'eaux ménagères, etc. Tout compte fait, on peut admettre que le litre d'eau peut donner un produit net total de 60 francs. Ce chiffre peut varier un peu, en plus ou en moins suivant les localités ; je le prends comme moyenne. Nous venons de supposer un canal débitant 6 mètres cubes ou 6,000 litres. Le maximum du produit net à espérer sera donc de 6,000 fois 60 francs ou de 360,000 francs

Au lieu de pouvoir promettre des profits supérieurs, d'offrir des chances de plus grands bénéfices, l'entreprise se trouve limitée à ce chiffre absolu, qui est comme une barrière qu'on ne franchira jamais. Il faut le reconnaître, c'est là une condition toute spéciale qui différencie de toutes les autres cette nature d'entreprises.

Mais ce mauvais côté a des compensations et je voudrais vous montrer quels sont les côtés solides de ces œuvres qui, si elles n'ont pas de grands aleas de bénéfices pour les compagnies privées qui les entreprennent, présentent du moins des revenus certains et suffisamment rémunérateurs.

Mais ce qu'il faut bien remarquer c'est que si les bénéfices sont limités pour les compagnies concessionnaires, il est au contraire très considérable et presque indéfini pour la contrée desservie et pour l'État. En effet, un périmètre peut être considéré comme très convenablement desservi, lorsque un tiers de sa superfie peut être effectivement irrigué. Tel propriétaire qui possède 30 hectares ne demandera pas 30 litres d'eau; 10 litres lui suffiront à raison de 1 litre par hectare c'est-à-dire pour un tiers de sa surface cultivable et il sera ainsi dans d'excellentes conditions de culture très riche. Ainsi donc les 6,000 litres de débit que nous avons supposés au canal, pourront suffire à 18,000 hectares. Ce sera faire une évaluation bien modérée de la plus-value de ce territoire ainsi pourvu d'eau et mis à l'abri des sécheresses imprévues que de la supposer de 1,500 francs par hectare. Le pays se sera donc enrichi d'une plus value foncière d'au moins 27 millions de francs.

Supposons maintenant que le coût du canal et de ses branches de distribution soit de 10 millions; pour cette dépense de 10 millions on aura créé une valeur de 27 millions de francs.

Encore une fois ces chiffres n'ont rien de précis, mais ils ne s'éloignent pas de ce qui est généralement réalisé dans la pratique. Ainsi donc, voici une entreprise qui, quoique limitée au point de vue des bénéfices qu'elle procure à la compagnie, donne des résultats tout autres pour le pays.

Pour le Trésor les bénéfices sont également considérables. Ainsi, les seuls droits de mutation sont de 0 fr. 20 par 100 francs. La récupération de l'État sera donc pour ce seul droit, dans l'entreprise dont il s'agit de 54,000 francs par an; il faut y ajouter les autres droits d'hypothèques, de taux de fermage, d'octroi et toutes les autres taxes qui croissent avec les produits du sol et dont l'importance est telle que, d'après certains statisticiens, la valeur de la terre est absorbée par l'ensemble de ces droits dans une période qui ne dépasse pas cinquante ou soixante ans. Mais, il y a encore une autre source de profits pour le Trésor, c'est celle provenant de la reconstitution des vignobles détruits par le phylloxera.

Reprenons encore l'exemple indiqué ci-dessus et supposons que, sur les 18,000 hectares de périmètre irrigable, 2,000 hectares seulement de vignobles soient reconstitués. Ces 2,000 hectares donneront, à raison de 60 hectolitres, 120,000 hectolitres; les droits sur les vins qui sont d'environ 5 francs fourniront 600,000 francs au Trésor. On voit donc que, tandis que

la compagnie du canal ne recevra jamais plus de 360,000 francs; le pays gagnera 27 millions de francs, et l'État 6 ou 700,000 francs par an.

On comprend dès lors que l'État puisse intervenir avec des garanties, des subventions et un concours suffisants pour aider à la réalisation de ces entreprises, mais il résulte aussi de ce qui précède que la compagnie, enserrée entre une dépense souvent assez forte et un bénéfice absolument limité peut aboutir à un échec, si ses calculs n'ont pas été établis avec une grande prudence.

Or, c'est ce qui est malheureusement arrivé dans la plupart de ces entreprises. On s'est fait illusion sur le chiffre de la dépense et sur celui des recettes. On s'est contenté généralement de prévoir l'exécution des canaux principaux sans songer au réseau de rigoles de distribution destinées à porter l'eau en tête de chaque propriété. Il en est résulté que certains canaux, quoique de date déjà ancienne, n'arrosent pas le nombre d'hectares correspondant à leur débit. Cela ne provient nullement du peu d'empressement des cultivateurs à se servir des eaux, mais de la mauvaise répartition de ces eaux et de l'impossibilité où se trouvent les propriétaires trop éloignés des branches de distribution pour amener les eaux jusque chez eux.

C'est ce qu'il convient de répondre à cette objection sans cesse reproduite, devenue classique à force d'avoir été répétée; que l'utilisation des eaux offertes à l'irrigaticn est toujours très lente et rarement complète. Tout au contraire, les eaux sont rapidement et complètement employées quand elles sont dès le début convenablement réparties et offertes à chaque propriétaire, en tête de son champ, et sans lui imposer d'autre charge que sa redevance pour le nombre de litres souscrits.

Si la dépense de tout le réseau de rigoles de distribution n'a pas été prévue, la compagnie se trouve bientôt dans l'impossibilité d'achever son œuvre et de réaliser les recettes qu'elle avait espérées. Sa ruine est dès lors inévitable.

Enfin, il convient que les revenus ne soient pas calculés sur le maximum de produit prévu, mais sur un chiffre moindre laissant une marge suffisante de bénéfices.

Voyons maintenant comment une entreprise de canal d'irrigation peut être conçue pour être avantageuse à la fois pour l'État, pour la population intéressée et pour les capitaux.

Reprenons pour cela l'exemple ci-dessus. Nous avons supposé le cas d'un canal coûtant dix millions de franos, débitant six mètres et dont le produit net à raison de 60 francs le litre serait de 360,000 francs.

Au lieu de ce produit maximum, prenons pour base un produit moindre, mais à atteindre promptement et avec certitude; par exemple, 250,000 fr. Ce revenu net pourra rémunérer à 5 pour 100 un capital de 5 millions de francs que j'appellerai le *capital industriel* de l'opération. Pour que l'affaire soit possible, il faut donc que l'État intervienne et donne une subvention égale au surplus du capital nécessaire soit de 5 millions de francs.

Cette subvention de 5 millions une fois donnée, l'entreprise peut être réalisée par une compagnie privée. Cependant, il est nécessaire que l'État intervienne encore pour la réalisation du capital industriel, car il ne suffit pas que le revenu soit assuré par les produits, il faut encore qu'il jouisse d'une garantie de l'État pour que les capitaux privés se décident à s'engager dans l'opération. Mais cette garantie peut être donnée par l'État sans qu'il en résulte aucune charge pour lui. Si en effet la garantie est de 4,65 pour 100 amortissement compris, elle ne représente qu'une charge annuelle de 232,000 francs, bien inférieure au revenu prévu de 360,000 fr. et même au revenu minimum de 250,000 francs. L'État peut donc donner cette garantie sans danger.

Voici maintenant qu'elle sera la situation des actionnaires :

Le capital-action doit être faible par rapport au capital-obligations. Je pourrais vous citer telle compagnie qui, croyant faire une innovation heureuse, a mis tout le capital en action; c'est une grosse erreur; car, lorsque le bénéfice, comme dans les entreprises d'irrigation, est petit et limité, il faut que le capital-actions soit le plus petit possible par rapport au capital-obligations. Supposons-le du cinquième, soit de un million de francs. Il touchera d'abord 5 pour 100 comme les obligations; plus, sur la moitié des produits nets au delà de 250,000 francs soit sur 110,000 francs à partager avec l'État, 55,000 francs ou 5 1/2 pour 100, soit en tout 10 1/2 pour 100, ce qui constitue un fort beau revenu.

On a dit que si l'État consent à accorder une subvention et une garantie d'intérêt sur le reste du capital, le concours de l'industrie privée se réduit à bien peu de chose, et que dans ce cas, l'État ferait tout aussi bien d'exécuter le canal lui-même.

Cette question de l'intervention de l'État en matière de travaux publics a été trop souvent agitée ici pour qu'il y ait lieu d'y revenir en ce moment. Je dirai cependant que l'État a grand avantage à prêter son crédit à des capitaux qui ne s'engageraient pas sans garantie dans des entreprises de ce genre même avec l'espérance d'un revenu élevé, mais qui, avec cette garantie, même modeste et n'offrant aucun risque au Trésor, apporteraient le concours de leur industrie, de leur initiative et de leur émulation, au grand profit du développement de ces utiles entreprises. D'ailleurs, je ne pense pas que les entreprises d'irrigation puissent se faire autrement, d'une façon sûre, en dehors de cette formule, mais vous voyez par l'exemple que je viens de vous présenter qu'une entreprise d'irrigation peut parfaitement donner d'excellents résultats aux capitaux qui s'y engagent, seulement, il ne faut pas sortir des limites de dépenses imposées par le chiffre même des recettes. Dans le cas supposé ci-dessus, le mètre cube dérivé est de 1,600,000 francs environ dont 800,000 francs à la charge de la Compagnie et 800,000 à la charge de l'État sous forme de subvention.

On pourrait se demander jusqu'à quel chiffre, l'État pourrait élever le chiffre de cette subvention si le coût du canal était plus élevé. J'ai dit tout à l'heure que les récupérations du Trésor pouvaient atteindre

600,000 francs soit 100,000 francs par mètre cube d'eau dérivée. Le mètre cube d'eau peut donc être payé par l'État jusqu'à 2,000,000 de francs, c'est-à-dire que la subvention de l'État peut atteindre et même dépasser le double du capital garanti, et que, en d'autres termes, l'État peut, en toute sagesse, accorder aux œuvres d'irrigation jusqu'à concurrence des deux tiers du capital nécessaire à leur exécution.

Je voudrais encore ajouter un mot sur l'importance extrême de ces entreprises. Nous traversons une crise des plus graves; il n'est personne qui, s'il observe de près cette situation économique, n'en reconnaisse les dangers. Chacun en souffre et recherche les causes du malaise général et s'ingénie à y trouver des remèdes.

Or, il y a une chose certaine, c'est qu'un gros facteur de la prospérité de notre pays, c'est l'agriculture, et que cette féconde source de richesses a été très négligée, chez nous, depuis un demi-siècle; on a été emporté par l'engouement des inventions nouvelles, par la construction des chemins de fer, des télégraphes et le développement considérable de l'industrie. L'agriculture a été délaissée; il n'en faut pas d'autre preuve que le résultat des enquêtes faites dans ces derniers temps : non seulement la terre n'a pas augmenté de valeur, mais elle a diminué sur la presque totalité du territoire.

Le prix des fermages a diminué presque partout; bien plus il y a un grand nombre de fermes qui ne trouvent plus à se louer.

Cette question est bien grave, car notre pays n'est-il pas avant tout agricole? Quand la récolte est bonne, les affaires vont bien. Cette grosse industrie, ce gros coefficient de notre prospérité, l'agriculture est en souffrance, et disons-le, en détresse. Et, chose vraiment singulière et bien digne de remarque, voici donc l'agriculture qui, depuis cinquante ans, n'a pas fait un pas en avant, malgré toutes les découvertes de l'industrie, malgré les chemins de fer, malgré les perfectionnements de la mécanique, malgré les découvertes de la science et de la chimie, qui a mis à sa disposition des procédés nouveaux pour le traitement de ses produits; rien n'y a fait! et l'agriculture périclite au milieu des encouragements qu'on lui décerne. C'est un fait économique bien grave et, en tous cas, bien digne des méditations des ingénieurs, des économistes et de tous ceux qui s'occupent de ces questions.

Je crois que le moment est peut-être venu pour nous autres, ingénieurs, de porter nos regards et toute notre attention sur cette question, et de nous demander si l'agriculture n'a pas à attendre de l'art de l'ingénieur le concours le plus efficace qu'elle ait reçu depuis longtemps, car le problème à résoudre est peut-être surtout du ressort de notre art. Il s'agit, en effet, de faire échapper le cultivateur à la difficulté énorme que les variations météorologiques imposent à son industrie. Si l'année est pluvieuse et que le fourrage soit abondant, il achète cher son bétail; si l'année suivante est sèche, il est obligé de s'en défaire à vil prix. Acheter cher et vendre bon marché, telle est sa situation.

On parle de venir en aide aux cultivateurs en élevant les droits d'entrée

du bétail. Mais est-ce une solution satisfaisante et rationnlle que celle qui consiste à protéger le producteur au détriment du consommateur? Le véritable but économique à poursuivre, dans toutes les industries, n'est-il pas de produire à bon marché? Ce n'est pas en mettant le producteur dans une situation artificielle qu'on résoudra le problème. Sur un sol favorisé par la nature comme l'est le nôtre, faut-il donc renoncer à obtenir des produits agricoles qui puissent lutter contre des produits étrangers ayant à parcourir d'énormes distances pour arriver sur nos marchés? On a parlé aussi de Crédit agricole. Quel service croit-on donc pouvoir rendre en prêtant des capitaux à un taux de 4 ou 5 pour 100 à des malheureux qui tirent à peine 2 ou 3 pour 100 de leur terre? On achèvera plus tôt de les ruiner.

Non, il y a autre chose à faire, à chercher du moins; il faut tâcher d'améliorer les conditions de la culture et augmenter la puissance productive du sol. Pour cela, la première chose est de faire un meilleur usage des eaux et de ne pas laisser se gaspiller ce trésor, cette eau fécondante, qui est la fortune même de notre sol; car enfin un champ de blé ne peut pousser et fructifier que lorsqu'il peut trouver dans le sol la quantité d'eau qui lui est nécessaire; cette eau existe, il suffit de ne pas la laisser se perdre. Si le problème n'est pas possible partout, il l'est sur beaucoup de points.

C'est là l'œuvre qui doit être entreprise en faveur de l'agriculture, et c'est une œuvre qui est surtout du ressort de l'art de l'ingénieur. J'insiste sur ce point, j'en ai fait, du reste, l'objet de différentes communications que vous avez bien voulu écouter avec intérêt.

La situation générale actuelle donne à cette question un intérêt vraiment exceptionnel; les affaires vont mal, tout le monde souffre, et il ne faudrait pas croire que ce malaise fût le résultat de telle ou telle politique intérieure ou extérieure. Les affaires vont mal, parce qu'on ne sait plus quels sont les travaux qui pourraient être une source d'enrichissement.

Illusionnés par les résultats obtenus par la création des premiers chemins de fer, on a cru qu'il suffirait de marcher dans ce même sillon, et on s'est complètement trompé. Les chemins de fer ont été un débouché; ils ont mis en valeur et en mouvement des richesses accumulées; mais il fallait songer à en créer de nouvelles avant d'ouvrir de nouveaux écoulements.

Quand on ne crée pas de nouvelles richesses, on s'appauvrit. On objecte toujours l'état de nos finances et des budgets, mais les budgets seront toujours trop lourds si on ne crée pas de nouveaux instruments de production.

La crise actuelle n'est assurément qu'à ses débuts et prendra de bien plus grandes proportions si on n'y apporte pas de puissants remèdes.

Je voudrais que ces questions prissent une grande place dans nos discussions, car elles sont de la compétence des ingénieurs avant tout, et elles méritent au plus haut degré votre attention et la sollicitude de tous ceux qui sont en mesure d'y prendre part. Je ne saurais donc faire trop d'efforts pour y intéresser la Société des Ingénieurs civils, en demandant qu'une discussion, la plus large possible, s'ouvrît sur cette question, qui touche

aux intérêts les plus élevés et à la prospérité même de notre pays. (*Applaudissements.*)

M. le Président. Je remercie vivement M. Cotard de cette communication si intéressante. La question qu'il vient de traiter, viendra certainement en discussion devant la Société ; elle n'est pas fermée, et M. Cotard en fournira l'occasion. Pour moi, j'appuie de mes vœux les observations de M. Cotard, au point de vue de l'appauvrissement de notre agriculture; tous ceux qui ne sont pas confinés dans les villes savent que notre agriculture souffre, pour beaucoup de raisons; il y en a un certain nombre que M. Cotard a touchées, et les ingénieurs prendront certainement part à son relèvement. Il ne faut pas que, dans les écoles, on mette l'agriculture de côté; on est favorable à l'agriculture, en ce moment, et il ne faut rien négliger pour la relever; l'agriculture est, sinon la première force du pays, au moins la moitié de ses forces nationales, sans compter que détruire la race si résistante de nos paysans, c'est détruire ce qui peut sauver le pays à un moment donné.

MM. Assi, Browne, Combelles et Marnay ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à dix heures et demie.

NOTE

SUR LA DIRECTION

DANS LES USINES ET MANUFACTURES

PAR M. **DELFOSSE.**

Au moment où tous les esprits se préoccupent à juste titre de l'augmentation croissante des importations étrangères et des crises qui sévissent sur différentes branches de notre industrie, au moment où de hardis compatriotes, se dévouant à l'intérêt commun, ne craignent pas de risquer leurs fortunes, leurs santés, leurs existences même pour nous ouvrir à travers des régions lointaines, des routes commerciales destinées à écouler nos produits, il nous a paru intéressant et utile d'aider, dans la mesure de nos moyens, tous ceux qui, à un degré quelconque, ont une part dans la direction de l'industrie nationale et qui, en vue de la situation actuelle ou d'un avenir plus ou moins rapproché, voudraient ou augmenter ou améliorer leur production. Ce résultat à obtenir est dépendant de beaucoup de causes diverses, lesquelles, quoique n'étant pas subordonnées directement à la fabrication du produit manufacturé, ont cependant une réelle importance et finissent toujours par influer, soit sur sa qualité, soit sur son prix de revient, quelquefois sur les deux.

Notre situation industrielle est actuellement trop tendue pour ne pas prendre en considération les moyens quels qu'ils soient, ou quelque minimes qu'ils nous paraissent, de lutter avec avantage contre la fabrication étrangère. Ne perdons pas de vue que dans cette lutte toute pacifique, le vainqueur d'aujourd'hui peut devenir le vaincu de demain. Donc, aucun des éléments susceptibles de conserver à celui-ci sa prédominance, ou à celui-là de la lui faire acquérir, ne doivent être négligés. Et, comme depuis quelques années nous sommes tour à tour

l'un ou l'autre, tout doit être mis en œuvre pour regagner ce que nous avons perdu ou conquérir ce que nous n'avons pas.

La concurrence étrangère nous dispute avec acharnement non seulement les marchés internationaux, mais aussi le nôtre, et il ne faut pas se le dissimuler, une grande somme d'énergie et d'intelligence est indispensable pour rivaliser avec nos adversaires, voire même les surpasser, le cas échéant.

Ne devons-nous pas ouvrir les yeux sur les produits allemands, par exemple, qui viennent s'étaler chez nous au grand jour, à des prix inférieurs aux nôtres, malgré les droits d'entrée et les frais de transports.

A quel degré d'infériorité ne descendons-nous pas, quand nous nous trouvons vis-à-vis d'eux sur un marché étranger sans protection aucune ; au contraire, avec une plus-value résultant des frais de douane et de chariage de la marchandise.

Du reste, les faits parlent d'eux-mêmes. Nos exportations d'objets fabriqués tendent à décroître, tandis qu'au contraire les importations augmentent. Ainsi, en jetant un regard en arrière, nous voyons l'importation annuelle des produits fabriqués qui était en moyenne de 40 millions dans la période quinquennale 1845-1849, s'élever à 60 millions dans la période suivante 1850-1854, à 74 millions entre 1855 et 1859. Après 1860, année où eut lieu la conclusion des traités de commerce, elles montent aussitôt à 124 millions dans la période de 1860-1864 et à 223 millions dans celle 1865-1869.

Après la guerre, la moyenne annuelle se chiffre par 400 millions, il est vrai que les produits alsaciens-lorrains deviennent allemands et sont soumis dès lors aux droits de douane.

Dans la période quinquennale suivante 1875-1879, la moyenne s'élève à 562 millions, enfin dans ces trois dernières années 1880-81-82 elle se chiffre par 600, 683 et 790 millions. Cette progression ne tient pas à une augmentation de nos importations, et elle s'applique fort peu à une augmentation de la consommation intérieure, puisque les transactions sur les matières premières indiquent une stagnation.

Elle tient bien plus à ce que nos commerçants en gros s'adressent à des industriels des pays voisins plutôt qu'à nos fabricants, car ils y trouvent de grands avantages sous le rapport du bon marché.

Quant à notre commerce d'exportation, les différents voyages que nous avons eu l'occasion d'effectuer nous autorisent à affirmer qu'il

repose sur des bases excessivement fragiles et que d'une année à l'autre, nous pourrions le voir tomber dans des conditions désastreuses.

C'est pourquoi nous croyons devoir rappeler à tout chef d'industrie que s'endormir dans un système de fabrication si bon qu'il soit, sans chercher à l'améliorer ou le perfectionner, est une faute qui, tôt ou tard, se paye et parfois très cher. Avec moitié moins de travail et d'argent qu'il n'en faut pour relever une industrie, on l'aurait empêché de tomber. Combien de fois n'avons-nous pas vu des maisons se suicidant pour ainsi dire à petite dose, s'acheminer lentement vers l'infériorité d'abord, vers la ruine ensuite. Quand ce sont des maisons d'exportation, qui pourraient mesurer l'étendue du mal et ses conséquences. Nous en avons connu qui, à temps, ont réagi contre l'apathie que procure une exploitation uniforme et routinière, mais je le répète, à quel prix, et, en tout cas, ce qui est perdu en affaires l'est bien ; car, quand tout compte fait, la situation est relevée tant bien que mal, que de clients ont pris l'habitude de se servir à l'étranger sans espoir aucun de pouvoir les ramener.

C'est pourquoi nous voudrions propager parmi les intéressés ce que nous pourrions appeler la prévoyance industrielle qui peut se résumer ainsi : « progrès au dedans, observations au dehors. » Nous voudrions également persuader à tous ceux qui dirigent, que, outre l'obligation qu'ils ont de remplir scrupuleusement leur devoir vis-à-vis de ceux qui les emploient, il leur incombe également la tâche morale de participer, chacun dans la mesure de ses moyens, à la grandeur et à l'extension de l'industrie française.

Avant d'entrer dans les développements du sujet que nous nous proposons de traiter, il est nécessaire de fixer nos lecteurs sur la valeur des mots de directeur et de direction que nous expliquerons dans notre travail d'une façon générale. Nous les prévenons que nous ne voudrons pas seulement comprendre le fait d'être à la tête d'une usine importante ou dénommer celui qui a un personnel nombreux sous ses ordres, nous entendons nous adresser aussi bien tant aux personnes qui ont à leur charge la responsabilité totale d'un travail, d'un service ou d'une fabrication, qu'à celles qui, à un degré moindre, ont leur part dans les conséquences d'un résultat obtenu ou à obtenir.

En agissant ainsi, nous éviterons l'emploi de noms techniques qui

pourraient, en prêtant à la confusion, nuire à la clarté de nos observations, notre intention étant, nous le répétons, de ne parler qu'en termes généraux.

CONDITIONS MORALES

Certaines qualités naturelles innées chez l'individu le prédisposent à commander ses semblables. Ce sont : la sûreté de coup d'œil, la décision prompte et juste, un jugement sain, une notion exacte des hommes et des choses (nous ne parlons pas de la parfaite connaissance de la partie à laquelle on est attaché, cela va de soi). Mais comme tout le monde n'est pas doué de la même manière, il peut fort bien arriver que ces mêmes qualités fassent totalement défaut chez une personne appelée à prendre une direction quelconque, soit qu'on l'y désigne d'office, soit que, se faisant illusion sur elle-même, elle se croit apte à en remplir les fonctions.

Ici se placent deux questions délicates entre toutes.

Est-on né pour commander ?

Possède-t-on les qualités requises pour faire un chef industriel ?

Quels sont ceux qui, se posant le dilemme, le résoudront par la négative ; le nombre en sera probablement très restreint. Beaucoup repondront affirmativement, par ignorance, des charges morales qu'impliquent un commandement, sans se douter qu'ils se préparent par leur faute et leur légèreté, un avenir de déboires et d'ennuis qui leur serait facile d'éviter, d'abord par un jugement impartial d'eux-mêmes, ensuite par un examen mûrement réfléchi des aptitudes nécessaires, indispensables à une bonne direction.

D'autres plus sensés, et que nous félicitons d'avance très sincèrement, méditeront le proverbe du sage : « connais-toi, toi-même, » tâteront le terrain avant de s'y aventurer, se tâteront eux-mêmes avant de s'avancer, rechercheront tout ce qui pourrait les guider ou les éclairer, et n'abandonnant rien au hasard ou à l'équivoque, seront à peu près sûrs de se maintenir là où leur bon sens les aura placés.

C'est en partie en vue d'instruire et surtout d'éviter à ceux qui se trouvent dans ce cas, des blessures d'amour-propre toujours désagréables, des échecs, quelquefois même la perte d'une position acceptée ou désirée avec empressement, que nous nous sommes décidé à grouper nos observations ; résultant, soit de notre propre expérience,

soit de celles des autres, afin d'en déduire des conseils ou des avertissements qui, nous en sommes persuadé, rendront service non seulement à ceux qui dirigent pour la première fois; mais aussi aux industriels, commerçants ou chefs d'industrie à tous les degrés, dans quelque partie que cela soit, et, en général, à tous ceux qui, participant par leurs capitaux ou leur travail à la fortune commerciale ou industrielle de la France, voudront bien nous faire l'honneur de nous lire.

ENTRÉE EN FONCTIONS.

Le premier soin d'un directeur en prenant possession du poste qui lui a été confié, doit être l'examen scrupuleux et approfondi du personnel, du matériel et du mode ou système de fabrication en vigueur à son arrivée.

Avant de songer à une modification quelconque dans l'une ou l'autre de ces parties, il doit les connaître à fond.

Une activité intempestive dans les débuts n'a aucune raison d'être, elle n'a guère pour mobile, dans la plupart des cas, que de vouloir tromper tout le monde quand on ne se trompe pas soi-même.

L'homme réellement à la hauteur de la situation qu'il a acceptée, ou pour laquelle il a été désigné, n'usera pas ses forces ni celles de ses inférieurs inutilement en commençant, il les ménagera sagement, afin de pouvoir les appliquer d'une manière efficace, le jour où elles lui seront réellement nécessaires. Car, hâtons-nous de le dire, le premier obstacle auquel il se heurtera sera l'esprit de routine. Il est rare qu'un subordonné accepte de bonne grâce que l'on vienne lui changer du jour au lendemain sa manière de faire. Ce changement demande tout naturellement une tension d'esprit momentanée ou un effort d'intelligence, qu'il accepte généralement avec peu d'enthousiasme, même quand il en retire personnellement un avantage. D'abord parce qu'il ne comprend pas toujours très clairement; mais même aurait-il compris, qu'il se discutera encore à lui-même le degré d'opportunité de cette modification dans ses habitudes.

C'est pourquoi l'entrée en fonctions nécessite, de la part de celui qui en est l'objet, une grande prudence, beaucoup d'observation et de ménagements.

Le point capital dans un début est d'attirer à soi la confiance, tant de celui qui vous emploie que de ceux qui sont sous vos ordres. La

tâche n'est pas toujours facile, car, neuf fois sur dix, c'est la défiance qui accueille le nouveau venu, et ce n'est pas peu de chose que de détruire dans l'esprit de son entourage un sentiment qui, si peu accentué qu'il soit, pourrait devenir un écueil contre lequel viendrait s'échouer toute tentative de progrès ou d'amélioration. Il faut bien se persuader que les débuts d'une direction doivent plutôt être un apprentissage momentané que l'affirmation des droits ou avantages inhérents au titre.

Plus vous vous montrerez réservé, plus on viendra à vous ; plus vous accentuerez un commandement, trop récent pour être efficace, plus l'on s'en éloignera.

Dans le premier cas, votre mise au courant sera facilitée par ceux-là mêmes qui, séduits par votre attitude à leur égard, mettront leur bonne volonté et leur pratique à votre disposition, libre à vous plus tard de vous rendre compte du degré de sincérité que chacun y aura apporté. Dans le second cas, vous pouvez être sûr que les connaissances spéciales de vos subordonnés se tourneront contre vous, ou tout au moins se réduiront à une inertie, que toute l'activité et l'énergie dont vous êtes capable ne parviendront pas à vaincre, tant qu'elles ne seront pas alliées à deux autres qualités maîtresses, la modération et la patience.

Nous savons que toutes les usines et manufactures ont pour mot d'ordre : « Faire vite et bien. » Nous sommes également partisan de cette ligne de conduite, mais à condition de l'intercaler dans le domaine de la pratique, et de la considérer comme un idéal duquel on ne doit cesser de tenter de se rapprocher le plus possible, en se gardant bien toutefois de ne pas lâcher la proie pour l'ombre.

C'est-à-dire qu'après vous être rendu compte des moyens de production qui sont ou seront à votre disposition ; vous devrez étudier et chercher à perfectionner vos produits, et ne pas tout sacrifier à la rapidité de la fabrication.

Ne vous lassez pas, ne vous illusionnez jamais au point de croire que vous êtes arrivé à la perfection, elle n'est pas de ce monde, mais, par contre, ne croyez pas à des obstacles insurmontables ; il a été dit que le mot impossible n'est pas français, disons tout au moins qu'il ne devrait pas l'être.

Dans un cas comme dans l'autre vous frisez l'apathie et le découragement.

Pour nous résumer, nous dirons que l'entrée en fonctions, c'est la

concentration des forces intellectuelles sur certaines parties de l'ensemble, défectueuses ou susceptibles d'être améliorées. C'est, si nous pouvons nous exprimer ainsi, la prise de possession des points stratégiques sur lesquels on s'appuiera pour vaincre et anéantir, dans la mesure du possible, l'inertie, la routine et l'ignorance.

DU PERSONNEL.

La conduite d'un personnel peut être envisagée de bien des manières. Aussi n'avons-nous pas la prétention de dire que notre système doit être une ligne de conduite absolue. Nous n'avons jamais professé l'absolutisme, nous le considérons même comme une faute, ou, tout au moins un obstacle au progrès. Du reste, toute idée émise appartient au domaine de la critique et doit pouvoir la supporter, c'est ce qui fait sa force. Nous laisserons donc aux intéressés le soin de trier dans notre étude tout ce qui pourrait s'appliquer, soit à eux, soit à leurs subordonnés; notre manière de voir pouvant assurément être modifiée suivant le caractère du personnel, les us et coutumes du pays où l'on se trouve, ou encore le genre d'industrie que l'on pratique. Cependant, nous dirons également que ces modifications doivent avoir pour pivot des principes avérés et solidement établis, qui sont l'âme d'une direction et sans lesquels, nous en sommes persuadé, il n'est pas de succès possible.

Une des grandes qualités d'un chef de personnel doit être de savoir maîtriser les mouvements de mauvaise humeur, de dépit ou d'emportement que suscitent les soucis de la direction et de la responsabilité encourue.

Défiez-vous du premier mouvement, car c'est le bon, disait M. de Talleyrand. Nous vous dirons : défiez-vous de vous-même et de vos vivacités de caractère ou de langage, rien de plus pernicieux. La colère est mauvaise conseillère, et, presque toujours, la réflexion venue, on s'aperçoit que l'on a été trop loin, que l'expression a dépassé la pensée. On revient sur ce qui a été dit ou fait, et, à son insu, pour se faire excuser, on tombe dans l'extrême contraire.

Il s'ensuit que le commandement, au lieu d'être uniforme, s'exerce par soubresaut et n'implique aucune déférence de la part des inférieurs. Il n'inspire dans ces conditions *que la crainte ou la licence, l'un et l'autre sont nuisibles quand ils dépassent une certaine mesure.*

Certes, on ne se fait pas soi-même, mais l'on peut assurément s'améliorer, et, c'est pourquoi nous conseillerons toujours à un chef de ne jamais s'adresser à ses subordonnés sous l'empire d'une contrariété ou d'un excès de contentement, car le prestige dont il jouit à leurs yeux ne doit pas être uniquement la conséquence du titre, mais bien aussi celle de la supériorité intellectuelle.

Croyez-le bien, le prestige ne se décrète pas, il s'acquiert, et rien ne l'impose, comme l'égalité d'humeur et la régularité dans les observations.

L'attitude du chef vis-à-vis de ses subordonnés peut se résumer comme suit : « Le chef doit être craint et respecté » et non pas craint et détesté. Beaucoup confondent ; il y a cependant une bien grande différence. La nuance n'est guère saisissable que par ceux qui n'y sont pas directement intéressés, et par le fait même de ce désintéressement, peuvent se rendre compte du mal que produit, dans un service ou une fabrication, l'antagonisme sourd et tenace que porte un personnel à un chef détesté.

Soyez juste et sévère, l'un vous donne le droit d'être l'autre, et une réunion d'hommes quels qu'ils soient acceptera toujours, sinon favorablement, du moins avec résignation, les reprimandes ou les punitions qui ne seront pas entachées de partialité, étant sous-entendu qu'elles devront être en rapport avec le grade et surtout le caractère de chacun.

Il est d'une importance capitale pour un directeur de savoir appliquer les pénalités dont il dispose, suivant le degré de sensibilité ou d'amour-propre de ceux qui sont sous ses ordres.

Chez certains, *quelques paroles bien senties*, démontrant clairement au fautif les conséquences d'une négligence ou d'un oubli, feront plus d'effet qu'un châtiment brutalement exercé sans explication aucune.

Chez d'autres, au contraire, il est nécessaire d'être sévère et implacable pour obtenir d'eux l'accomplissement d'un devoir.

Un autre point capital, c'est de savoir régler les postes ou emplois suivant les capacités ou aptitudes de chacun.

Il est indiscutable que tel caractère qui fera un chef subalterne convenable sous tous les rapports, s'il se sent soutenu et dirigé par une intelligence supérieure à la sienne, perdra tout ou partie de ses qualités, s'il est abandonné à ses propres ressources ; et réciproquement, tel autre caractère, possédant, outre le savoir et l'intelligence, un

degré d'initiative assez développé ne rendra jamais les services que l'on est appelé à attendre de lui, s'il est par trop contrecarré dans sa manière ou ses appréciations.

Autant que possible, n'imposez pas un progrès, tâchez d'amener vos subordonnés à l'accepter de bonne grâce, voire même à le solliciter, quand les avantages à en retirer auront été bien pesés par vous et bien compris par eux. Ce mode de diriger aura le grand avantage de leur faire constater la supériorité de votre intelligence, et à vous d'avoir une plus grande confiance dans le succès de ce que vous aurez entrepris.

Ce qui précède a surtout rapport à des opérations qu'on se propose d'intervertir ou des systèmes de fabrication ou d'exploitation qu'on se réserve de rectifier. Il en est de même d'un essai que l'on fait de l'application d'un procédé nouveau, de l'adjonction d'un mécanisme découvert ou inventé par le directeur ou un de ses subordonnés.

Nous avons entendu tel directeur nous dire : « Moi, quand un essai ne me donne pas de résultats immédiats, je l'abandonne ou le fais abandonner, cela entraîne trop loin. »

Il n'est pas possible de raisonner d'une manière plus fausse.

Si vous faites vous-même ou si vous faites faire un essai, sans y avoir sérieusement réfléchi, sans consulter personne directement ou indirectement, en ne prenant conseil que de vous-même, vous aurez beaucoup de probabilités contre vous, vous exposant à un échec, et vous vous rebuterez au premier insuccès. Si, au contraire, ce même essai a d'abord été de votre part l'objet d'un examen mental judicieux et surtout impersonnel ; si, ne vous en rapportant pas exclusivement à votre infaillibilité, vous acceptez les avis ou critiques de personnes à qui vous aurez reconnu certaines capacités, qu'elles vous soient ou non subordonnées ; si enfin, tout en étant à peu près sûr de la réussite, vous vous réservez sagement une porte aux perfectionnements qu'entraînent toujours une nouvelle découverte, soyez persuadé que rarement vous échouerez, et, si contre toute prévision cela arrivait, vous ne tarderez pas à vous relever, car *votre amour-propre n'aura pas eu à en souffrir, n'ayant pas été mis en jeu.*

Nous tenons également à nous arrêter à ceux qui croient que leur position de chef leur impose l'obligation d'étouffer chez leurs inférieurs l'esprit d'amélioration ou de progrès qui pourrait germer en eux. Les uns le font par un esprit de contradiction inné à leur personne

(ceux-là nous n'avons qu'à les engager à se corriger); mais d'autres, et c'est à ces derniers que nous nous adressons, le font, soit par crainte d'une atteinte à leur prestige, soit par la croyance plus répandue qu'on ne pourrait le supposer, parmi ceux qui commandent, qu'un chef ne doit jamais avoir tort.

Disons de suite aux premiers : « Vous croyez votre prestige diminué, parce qu'un subalterne aura cherché et conçu, soit un moyen de modifier avantageusement un service ou une opération, soit un engin destiné à augmenter une production ou à en diminuer le prix de revient, et pour cette raison vous rejetterez cette idée ou cet engin sans information ni discussion préalable. Mais dans ce dernier cas votre prestige ne sera-t-il pas plus atteint dans l'esprit de celui à qui vous refuserez de vous prouver qu'il est quelqu'un et non quelque chose. Il se dira ou que vous ne le comprenez pas ou que vous le craignez. Choisissez? Les deux hypothèses diminuent la bonne opinion que peut avoir de vous votre subalterne.

En plus de cela vous découragez une bonne volonté qui vous fera peut-être défaut un jour. N'est-il pas préférable d'attirer au lieu de repousser? Cette même bonne volonté qui s'offre à vous, pourquoi ne pas vous l'attacher en la guidant, l'instruisant et l'éclairant? Si même elle vous propose quelque chose d'impraticable ou d'inutile, n'avez-vous pas quelques droits à sa reconnaissance, en lui faisant comprendre par la persuasion et avec preuves à l'appui qu'elle a fait fausse route? Qui vous dit que vous ne serez pas payé plus tard de votre modération, de votre indulgence et cela au moment où vous vous y attendrez le moins?

Si sans explication aucune vous condamnez une idée qui est ou vous semble un non sens, elle s'implantera fausse ou non chez l'individu; ne pouvant s'épancher au dehors elle prendra racine au dedans, vous rendra dédain pour dédain, et, au lieu d'avoir en réalité ou en perspective un auxiliaire, vous vous serez fait sinon un ennemi, tout au moins un obstacle qui, pour si minime qu'il paraisse, pourra cependant nuire au résultat que vous vous proposez d'atteindre ou que l'on attend de vous.

Quant à ceux qui prétendent qu'un chef ne doit jamais avoir tort, nous leur renverrons la phrase légèrement modifiée comme suit : « Un chef ne doit jamais se mettre dans le cas d'avoir tort, » et nous ajouterons que si cependant cela lui arrive, il doit le reconnaître

loyalement sans fausse honte et non pas s'entêter mal à props sous prétexte de ne pas affaiblir son autorité.

Pesons bien les choses. Vous vous êtes trompés, vous le reconnaissez, ce que vous ferez aussitôt sera de tâcher de réparer votre erreur et de pallier aux conséquences qui pourraient en résulter. Votre personnel, si vous avez su vous le rendre sympathique, prendra sa part de votre déconvenue et vous aidera à sortir de l'ornière où vous vous serez engagé si malencontreusement, sans chercher à en tirer des conclusions désobligeantes pour vous, le système ou l'idée que vous préconisez. Si, au contraire, un orgueil déplacé vous pousse à persister quand même dans une fausse voie, comment vous tirerez-vous d'affaire quand vous vous serez aperçus trop tard de votre erreur, la haine et l'envie étant à vos trousses, et sans autre ressource que celle de vous adresser aux mauvais vouloirs que vous vous serez créés dans votre entourage.

Qu'y aurez-vous gagné, sinon de décroître considérablement dans l'esprit de ceux que vous commandez.

Quel résultat pour celui ou ceux qui vous emploient? Une perte sèche de temps ou d'argent, quelquefois l'un et l'autre. Et, en fin de compte, l'industrie et le commerce national qui est appelé à profiter de l'intelligence et des capacités de ses différents membres aura pèrdu également une dose de priorité qui, si faible qu'elle soit, ne doit pas moins attirer l'attention; car, répétée par trop souvent, elle finirait en se multipliant par revêtir une forme que, sans tergiverser, on appellera la décadence.

Pour compléter ce qui a rapport à l'attitude du directeur vis-à-vis de son personnel, nous ne pouvons passer sous silence la fâcheuse manie dont sont possédés un grand nombre de chefs d'usines qui est d'adresser directement leurs ordres aux employés ou ouvriers sans tenir compte du chef subalterne. Nous ne nous sommes jamais expliqué comment pareille anomalie pouvait se produire.

Si ce chef est incapable, pourquoi le garder? Si, au contraire, il a toutes les qualités requises pour remplir son emploi, pourquoi le discréditer à plaisir? Le contrôler est prudent, le supplanter est un non-sens. Ceux qu'il est appelé à conduire finissent par le considérer comme un zéro, et lui finit par perdre l'assurance et la fermeté indispensable pour les commander. Dans ces conditions peut-il être rendu responsable de quoi que ce soit? Assurément non. En suppri-

mant ou en affaiblissant son autorité, vous le déchargez tacitement de toute responsabilité, quand, au contraire, vous devriez employer tous vos efforts à développer chez lui ce sentiment.

Le directeur doit se montrer très soucieux de la dignité de son ou ses suppléants, car ces derniers étant constamment en rapport avec la masse productrice, leur prestige s'usera très vite s'il n'est pas toujours maintenu au même niveau.

De même les chefs subalternes entre eux doivent rester chacun dans la limite que lui assigne ses attributions, et ne les dépasser que quand c'est nécessaire pour se faire respecter l'un l'autre par leur personnel respectif. En un mot, les postes et emplois doivent être délimités d'une façon stricte et précise, afin de ne pas prêter à la confusion, et surtout pour ne pas servir de prétexte à des ordres donnés et non exécutés.

Le talent d'un directeur doit surtout porter sur la distribution intelligente du personnel, sur le choix d'auxiliaires dévoués et capables. Les capacités doivent s'exercer à juger celles de ses chefs subalternes plutôt que de s'attacher et s'égarer dans les menus détails d'une fabrication. Plus ces détails seront divers et nombreux, plus le choix du spécialiste à qui en incombe la responsabilité doit être scrupuleux, et celui qui, prenant la direction d'une usine ou manufacture, aura eu soin d'assurer ses différents services dans le sens que nous indiquons, sera certain d'avoir allégé sa tâche de moitié. Il en résultera qu'ayant plus de liberté d'action ou de tranquillité d'esprit, il pourra s'attacher à l'ensemble de l'exploitation ainsi qu'aux perfectionnements généraux qui, comme nous l'avons déjà fait remarquer, doivent être une des légitimes préoccupations de celui qui est ou qui aspire à se mettre à la tête d'une industrie quelconque.

DE L'EXPLOITATION

Beaucoup de patrons ou capitalistes ne voient dans une affaire industrielle que les bénéfices ou dividendes immédiats sans s'inquiéter de l'avenir, et ne prennent un directeur ou gérant qu'à ce point de vue. Ce dernier très souvent ne vise qu'à une chose. Pour répondre à la confiance qu'on a mise en lui, il abaisse les prix d'exploitation ou de fabrication de manière à accroître ostensiblement et le plus possible

les bénéfices nets. Excité par la fièvre de production et de bon marché, il changera à son arrivée les services, supprimera des attributions, modifiera le matériel, portera les prix de main-d'œuvre à un taux de baisse exagéré, sans réfléchir aux conséquences d'une diminution qui, n'étant palliée par aucune explication préalable ou par une compensation destinée à atténuer son effet, paraîtra par trop brutale, mécontentera tout le monde, influera sur la quantité ou la qualité produite et par suite sur les bénéfices futurs.

Qu'arrivera-t-il ? c'est qu'au bout d'un certain laps de temps plus ou moins long, les patrons ou administrateurs s'apercevront (heureux pour eux s'il n'est pas trop tard) que le résultat obtenu n'est qu'aléatoire. On congédiera le directeur, ou il sera forcé de donner sa démission. On rétablira dans leur état normal le matériel et les services, les modifications bonnes ou mauvaises seront mises au même ban et prendront le même chemin que leur créateur.

Il s'ensuivra que le directeur aura perdu sa position, les intéressés une partie de leurs capitaux, et l'industrie nationale du temps pendant lequel il n'y aura eu aucun progrès de réalisé.

Prenez la contre-partie de ce qui précède et supposez le même directeur, guidé par son expérience personnelle, se méfiant des entraînements irréfléchis que peut amener l'ardent désir de se montrer supérieur à des collègues ou à des prédécesseurs, ne touchant à l'ordre de choses établies qu'après mûre réflexion et après s'être entouré de toutes les précautions possibles. Ne pensez-vous pas qu'il sera garanti d'un insuccès inévitable provenant du fait d'avoir voulu accomplir des progrès trop vite et avant que les éléments propres à l'aider dans sa tâche soient suffisamment préparés ? Rappelez-vous qu'une diminution exagérée sur la main-d'œuvre qui n'est pas motivée ou compensée par un avantage, résultant du perfectionnement de l'outillage ou d'une combinaison intelligente, ne peut donner que de maigres résultats et en tous cas peu durables. Les bénéfices qui en découlent ne sont que fictifs, ne reposant sur aucune base solide. D'abord parce que ceux qui l'ont subie peuvent s'y refuser d'un moment à l'autre (témoin les grèves qui se produisent si fréquemment depuis quelque temps). Mais, n'aurait-on pas cela à craindre, rien ne dit que la quantité ou la qualité produite n'en souffrira pas.

Voulez-vous un exemple frappant que le bon marché du produit

manufacturé n'est pas exclusivement dépendant de celui de la main-d'œuvre ou plutôt du prix de journée? Le voici : Dans un de nos récents voyages en Espagne nous avons eu l'occasion de séjourner quelques temps à Alcoy, ville manufacturière de Catalogne, possédant un grand nombre de filatures de laines. Nous nous sommes informé des journées d'ouvrier. Elles sont de 50 centimes à 3 francs pour les hommes, et ne dépassent pas 50 centimes pour les femmes.

En France les journées sont doubles et nous exportons des draps en Espagne.

En Italie nous avons visité des filatures de cotons où les hommes gagnent 1 fr. 50 et 2 francs, et les femmes (il serait permis d'en douter si nos informations n'avaient été prises à bonne source), les femmes, disons-nous, gagnent en moyenne, par journée de douze heures, 10 et 20 centimes dans les environs de Naples, et cependant nous exportons dans ce pays des toiles et des cotonnades.

Pour la filature de la soie qui se fait sur une grande échelle en Italie, comparez ces salaires avec ceux de nos ouvriers fileurs de Lyon, et demandez-vous comment il se fait que nous y exportons également des étoffes de soie. Mieux que cela, nous avons été en relation avec des directeurs ou patrons italiens qui nous avouaient franchement avoir plus de bénéfices de revendre leurs cocons aux filateurs français que de les travailler chez eux.

Dans l'industrie métallurgique, les journées dans les deux pays dont nous parlons ci-dessus sont également moitié moindre que chez nous, et cependant ils sont tributaires de la France et de l'Angleterre pour les produits manufacturés.

Pour l'Espagne surtout il se passe des faits qui pourraient paraître peu dignes de foi, si chacun n'était à même de les contrôler. Elle possède des mines de fer, de charbon, presque tous les minerais de fer s'en vont en France, en Angleterre, en Belgique, qui à leur tour lui renvoient des fers, aciers, fontes moulées et machines. Elle possède également des mines de plomb, de zinc qui en grande partie alimentent les usines françaises lesquelles exportent le blanc de céruse, des feuilles de zinc, etc.

Ce que nous avançons sera bien plus concluant si, en regard des pays où les salaires sont bas, nous mettons l'Amérique (où le travail manuel est rémunéré à un taux bien supérieur au nôtre) qui com-

mence à se faire jour sur les marchés d'Europe et surtout sur celui français dont elle était anciennement tributaire.

Et pourquoi, du reste, chercher des exemples si loin : n'avions-nous pas il y a une dizaine d'années des journées d'ouvriers variant de 3 à 5 francs, tandis qu'aujourd'hui elles sont doublées. Quelle influence en est-il résulté sur le produit manufacturé, sinon sa diminution de prix de moitié.

Il est donc facile d'établir, d'après ce qui précède, que le salaire est en raison inverse du prix de revient de la fabrication.

Qu'est-ce qui fait la force des usines américaines ou anglaises, sinon l'esprit de direction, soit industriel, soit commercial, qui est très développé chez eux ainsi qu'à leur matériel si perfectionné et qui se perfectionne tous les jours encore.

C'est pourquoi nous prétendons que la seule voie qui nous soit tracée pour affirmer notre supériorité industrielle, c'est la bonne direction des usines et manufactures, ainsi qu'un outillage que l'on doit chercher constamment à améliorer. Et si l'Allemagne nous fait à l'heure qu'il est une si terrible concurrence, soyez sûrs qu'elle est due non pas uniquement à des salaires minimes, mais bien aux progrès accomplis dans leur matériel de fabrication, à une persévérance compensant leur infériorité relative ; ainsi qu'à une diplomatie qui, ne s'occupant pas seulement de politique, s'enquiert aussi de toutes les nouveautés qui se font dans l'industrie des pays étrangers, en chimie, en mécanique, métallurgie, etc. Les formules sont prises, les dessins exécutés et le tout envoyé à Berlin, pour être mis à la disposition des industriels. Ce que le gouvernement allemand fait en bloc pour son industrie nationale doit être fait partiellement en France par chacun dans la mesure de ses moyens. C'est pourquoi nous disons plus haut que le directeur doit avoir en vue la supériorité de ses produits non seulement pour lui et ceux qui l'emploient, mais aussi pour la part qu'il prend ou qui lui est dévolue dans la prospérité nationale.

DU MATÉRIEL

L'entretien d'un matériel exige des soins et des précautions dont on n'apprécie pas assez la valeur. Bien souvent, trop souvent même, on

attend qu'un outil, mécanisme ou engin quelconque soit complètement hors de service pour le réparer.

Il importe de bien se rendre compte que les résultats de la fabrication sont intimement liés à l'état du matériel, soit sous le rapport de la quantité ou qualité, soit sous celui de son prix de revient. Citons un exemple aussi simple que possible.

Supposez une machine quelconque destinée à dresser des surfaces planes avec beaucoup de précision. Tant qu'elle sera en bon état tant que l'usure n'aura pas eu prise sur ses différents organes, lesdites surfaces se trouveront dans les conditions voulues.

Mais, sitôt que le temps aura commencé son œuvre de destruction, le dressage en souffrira d'abord d'une manière peu appréciable, mais qui naturellement augmentera progressivement.

Qu'arrivera-t-il? Ou vous livrerez tel quel au commerce et votre réputation sera amoindrie, ou vous ferez retoucher, et votre produit sera frappé d'une plus-value en rapport avec le temps passé augmenté des frais généraux que comportera la retouche. Les deux cas vous seront préjudiciables.

Si au contraire vous exigez de celui dans le service duquel se trouve cette machine, qu'elle soit examinée périodiquement, quoique sa production ne laisse rien à désirer, vous ne vous trouverez jamais dans l'une des deux alternatives indiquées ci-dessus, parce que, dès qu'un organe aura souffert, soit du manque de soin, soit de l'usure, vous y remédierez de suite, et ne lui laisserez pas le temps d'influer sur la fabrication.

Si le défaut d'entretien d'un outil de fabrication entraîne les conséquences que nous venons de signaler ces conséquences, se trouvent être multipliées quand il s'agit de la machine motrice.

Prenez un moteur quelconque marchant à 50 tours actionnant une transmission qui en fait cent. Qu'il se produise une cause provenant de l'usure, manque de soin, etc., ayant pour effet de nuire à la régularité de marche et de diminuer la vitesse de 5 tours, par exemple, ce qui n'est guère appréciable, et comme elle se trouve dans le rapport de un à deux avec la transmission vous aurez dix tours de moins sur cette dernière, et le produit de l'outil qu'elle commandera se trouvera naturellement diminué dans les mêmes proportions que celle de sa vitesse normale à sa vitesse actuelle.

Multipliez ce déficit par le nombre d'engins ou de machines que vous

avez, par minutes, par heures, par jours et plus le cas échéant, et tirez en vous-même une conclusion qui vous sera en même temps un avertissement.

Aussi est-ce principalement sur les soins à donner aux moteurs que nous nous arrêterons plus spécialement, tout en réitérant à nos lecteurs, l'intention que nous avons de ne parler qu'en termes généraux, afin qu'ils n'attendent pas de nous, des descriptions minutieuses de telle ou telle force motrice, ce qui nous entraînerait trop loin, et dépasserait le but que nous nous proposons d'atteindre qui est, non pas de rendre celui qui dirige apte à conduire lui-même, mais bien de lui donner superficiellement les moyens de s'assurer ou de vérifier que le rendement total, n'est entravé par aucune des causes, provenant de l'oubli ou de la négligence du préposé à la conduite du moteur. Cependant nous nous étendrons plus particulièrement sur la machine à vapeur, d'abord parce qu'elle est plus répandue que les autres, puis parce que, étant généralement plus compliquée, les soins que demandent ses différents organes, sont plus divisés et par cela même demandent plus d'attention.

Le premier des conseils que nous donnerons aux industriels ou directeurs d'usines qui ne sont pas eux-mêmes très érudits en fait de machines à vapeur, c'est de faire partie d'une association comme il y en a par toute la France, et qui prennent généralement pour titre : Association de propriétaires à vapeur de X... Ces sociétés possèdent des ingénieurs qui tiennent à la disposition des membres, leur savoir et leurs connaissances spéciales, pour constater l'état de la chaudière, vérifier le rendement de la machine, donner des conseils, etc,

Si dans le pays où vous êtes, il ne se trouve pas de société de ce genre, faites choix d'un bon mécanicien établi, ou qui fera partie de votre personnel, et, dans ce dernier cas, donnez la préférence à celui qui aura déjà été mécanicien ou même chauffeur dans la marine ou sur une voie ferrée, car celui qui a été conducteur de machine de bateau ou de locomotives, a généralement contracté des habitudes, de soin et de propreté qu'impliquent les règlements de compagnies maritimes ou de chemin de fer. En plus de cela la responsabilité directe qu'encourent ces agents leur impose des précautions qui ne sont pas toujours suivies dans l'industrie privée.

Remarquez qu'il est excessivement rare de voir une explosion de

chaudière se produire dans un chemin de fer, ou dans une compagnie sérieuse maritime ou fluviale.

Il n'en est malheureusement pas de même dans les usines privées. Au moment où nous écrivons ces lignes, tout le monde est encore sous le coup de l'émotion produite par la catastrophe de Marnaval (explosion de chaudière, cent personnes environ tuées ou blessées). Qui dira comment elle s'est produite, on aura beau faire une enquête, on ne le saura probablement jamais.

Ceux qui pourraient jeter un jour sur les causes de cet accident sont morts, et on en sera probablement réduit à des suppositions plus ou moins erronées.

Ce que nous n'hésitons pas à dire, c'est qu'une explosion de chaudière ne peut jamais se produire par une cause instantanée.

A première vue ce que nous affirmons pourrait donner matière à discussion, c'est pourquoi nous nous hâterons de développer notre affirmation.

Nous voulons dire que, à partir du moment où la cause commence jusqu'à celui où l'effet se produit, il y a toujours un intervalle largement suffisant pour prévenir l'accident, sauf des cas tellement rares qu'ils nous échappent.

Ainsi, supposons que la catastrophe se produise par l'injection de l'eau froide sur une partie rougie, il aura fallu assurément un certain laps de temps pour amener le niveau de l'eau en dessous des surfaces de chauffe, puisque les règlements de police exigent que le robinet inférieur du niveau d'eau soit placé à 10 centimètres au-dessus. Ensuite, une fois découverte, ces mêmes surfaces demandent encore pour rougir un autre laps de temps qui, réuni au premier, laissent toute latitude pour empêcher l'explosion.

Quant aux pailles qui pourraient se trouver dans la tôle, les essais règlementaires auront déjà prouvé qu'elle peut résister à une pression supérieure, à celle indiquée par le timbre. Donc ce défaut s'il existe réellement, ne se déclare pas d'une minute à l'autre, mais bien à la suite des fatigues successives occasionnées par la pression ; et dans ce cas il y a toujours un avant-coureur qui se produit sous forme de fuite d'eau ou de vapeur ou de suintement de tartre et dont s'aperçoit celui qui prend l'habitude de visiter sa chaudière le plus souvent possible.

Presque toujours ces accidents ont pour cause la malpropreté ; des matières calcaires, par exemple, qui s'accumulent sur une partie

directement exposée au feu; ou, ce qui est plus rare, une matière grasse telle que le suif qui, introduit par l'alimentation ou un conduit quelconque, vient s'agglomérer sur un point de la surface de chauffe et sépare le liquide du métal, lequel finit par se surchauffer (c'est ce que l'on appelle communément un coup de feu) et amène, quand on ne s'en aperçoit pas à temps, une déchirure qui détermine l'explosion.

A quoi cela tient-il que, comme nous le disions précédemment, dans les chemins de fer, où les chaudières fatiguent beaucoup plus que dans aucune autre industrie, et malgré la quantité de ces machines qui sillonnent la France et l'étranger, les explosions sont presque nulles. Tout simplement à la vigilance du mécanicien qui a soin dès qu'un symptôme inquiétant se produit, de le signaler sur un registre spécial, dont prend journellement connaissance le préposé à la réparation ainsi que les chefs.

Si l'usine est trop petite pour avoir un mécanicien attitré, ou si le chiffre d'affaires ne permet pas une augmentation de frais généraux, veillez vous-mêmes à ce que votre machine soit bien conduite, les indications que nous donnons ci-dessous en faciliteront le contrôle.

Comme première condition, chaudière et machine doivent être placées dans un endroit aussi clair que possible, quel que soit leur système de manière que tous les organes puissent être facilement examinés de temps à autre.

L'emplacement nécessaire en vue du montage ou démontage pour la réparation sera spacieux autant que possible et non encombré de pièces étrangères à la machine.

Toute la robinetterie devra être visitée et graissée au moins une fois par semaine, les robinets de niveau d'eau seront ceux auxquels on devra prêter le plus d'attention, ils devront être d'une manœuvre facile. Le chauffeur devra s'assurer de leur bon fonctionnement plusieurs fois par jour en prévision de la rupture du verre qui pourrait entraîner un chomage de peu de durée c'est vrai, mais d'autant plus impardonnable qu'il aura été facile à éviter.

N'est-ce pas ridicule de voir le travail d'une usine ou d'un atelier interrompu parce que le chauffeur n'aura pas pu réussir à fermer ses robinets de niveau d'eau, faute d'un petit entretien.

La chaudière et l'appareil d'alimentation devront être examinés et nettoyés intérieurement à des intervalles plus ou moins rapprochés selon la durée du travail ou la nature de l'eau que l'on emploie.

Les clapets des pompes alimentaires visités très souvent, non seulement parce que, ne fonctionnant pas, ils pourraient entraîner des accidents (coups de feu, explosion), mais aussi parce que l'arrêt de l'alimentation occasionne celui de la machine et par suite celui de l'usine pendant tout le temps nécessaire à la remise en état de l'appareil. De même pour les différents joints de la chaudière et de la machine, un joint qui perd doit être refait dans le plus bref délai possible, autrement on risquerait de le voir sauter en plein travail et être également cause d'arrêt.

Si la chaudière est tubulaire, les tubes doivent être nettoyés tous les jours après le travail, le foyer et la boîte à fumée bien balayés, afin que la moindre fuite s'aperçoive et soit réparée, avant qu'elle ait eu le temps de devenir assez conséquente pour nécessiter une grande réparation.

N'attendez pas que les carneaux ou conduits de tirage soient en partie bouchés pour les faire ramoner ou sans cela votre dépense de combustible s'en ressentira.

De même pour les barreaux de grille, n'attendez pas qu'ils laissent passer le charbon dans le cendrier pour les remplacer.

Assurez-vous souvent que les soupapes de sûreté se soulèvent sans difficultés.

Quant à la conduite des chaudières elle peut se résumer en deux principes, égalité de pression et d'alimentation.

Le feu doit être réglé de façon à fournir la même quantité de chaleur ; pour cela il ne doit pas être chargé par grande quantité à la fois afin de former une couche d'égale épaisseur, dans toute l'étendue du foyer (à moins d'un système autre que ceux qui sont généralement employés).

Ne jamais le décrasser quand la pression n'est pas suffisante pour ne pas exposer la machine à ralentir.

Ne pas laisser mettre plus d'eau que ne l'indique le niveau car il faut de la place pour l'ébullition et pour la vapeur.

Le niveau de l'eau dans le tube doit toujours se mouvoir un peu. Quand il reste stationnaire méfiez-vous ; cela indique que le robinet inférieur est bouché, dans ce cas l'eau pourrait baisser dans la chaudière sans que l'on s'en aperçoive, il se pourrait qu'inconsciemment, on alimentât trop tard.

Imposez au chauffeur l'obligation avant d'allumer son feu, d'ouvrir

le robinet de purge du niveau d'eau ou un robinet de jauge pour bien constater qu'il y a de l'eau dans la chaudière, et cette recommandation n'est pas la moins importante, différentes causes peuvent la vider pendant la nuit.

Une prise de vapeur qui ne ferme pas hermétiquement.

Un robinet de vidange qui fuit.

Un joint ou un tube qui perdent, ou encore après nettoyage, la remise à plus tard du remplissage de la chaudière pour un motif quelconque et dont le chauffeur n'aurait pas eu connaissance ou qu'il oublie, entraîné par la force de l'habitude.

Nous admettons volontiers que ces cas sont fort rares, mais il suffit d'une fois pour brûler une chaudière et les conséquences sont assez désastreuses pour que l'on y prenne garde.

Nous avons été témoin de deux faits qui démontrent que les avis que nous donnons à ce sujet ne sont pas superflus.

Une première fois, dans un chemin de fer étranger, une locomotive sortie de grande réparation, avait été essayée, puis vidée pour refaire un joint d'autoclave qui perdait.

Cette machine devant être mise en service le lendemain fut allumée de nuit par des hommes qui n'ayant pas été avertis du joint refait négligèrent de s'assurer de la présence de l'eau dans la chaudière. Pendant deux heures elle fut littéralement rôtie à un feu de plus en plus intense, et quand voyant que l'aiguille du manomètre ne bougeait pas on en chercha la cause qui ne fut pas difficile à trouver. Il était trop tard, la machine reprit le chemin des ateliers, sa chaudière en partie perdue.

Une seconde fois, dans une usine, un chauffeur qui depuis cinq ou six ans faisait le même travail, et à qui pareille chose n'était jamais arrivée, alluma son feu croyant sa chaudière pleine jusqu'au-dessus du tube, tandis qu'en réalité elle s'était vidée pendant la nuit par la prise de vapeur qui perdait. Trois quarts d'heure après la chaudière était brûlée et l'usine arrêtée.

De tout ce qui précède il s'ensuit que l'on ne saurait prendre ou faire prendre trop de précautions.

Les avis qui paraissent les plus élémentaires ne sont quelquefois pas suivis par dédain de porter son attention sur une chose aussi futile ou qui paraît l'être, le plus souvent par insouciance.

C'est un grand tort, car quand l'effet a suivi la cause si petite qu'elle

soit, on est bien obligé de s'arrêter aux conséquences, pourquoi attendre qu'elles se soient produites quand il en coûte si peu de les prévenir?

Au moment de la mise en marche la prise de vapeur doit être ouverte graduellement, elle ne doit laisser passer d'abord qu'un léger filet de vapeur, jusqu'à ce que la conduite soit remplie, ce qui s'entend à l'oreille.

Souvent les explosions se produisent à la mise en marche et par le fait même de l'ouverture brusque de la valve.

Quant à la machine à vapeur elle-même, les soins à lui donner varient un peu suivant son système et qu'elle est ou non à condensation. Mais les principes d'entretien généraux restent les mêmes. La première des conditions, comme nous l'avons dit plus haut, doit être la régularité de marche. Le mécanisme de distribution et le mode de régulateur y sont pour beaucoup. Plus un régulateur est sensible, plus l'encrassement a prise sur son fonctionnement, et, par suite, sur la vitesse de la machine. Mais en plus de cela, la pression doit toujours être uniforme, les mouvements très bien graissés et autant que possible automatiquement. Les garnitures toujours très bien faites, pas trop serrées et la propreté méticuleuse. Une machine bien entretenue ne doit laisser d'autre passage à la vapeur que celui de l'échappement. toute autre issue est un avertissement que l'on ne doit pas négliger. Si la machine est à condensation, que le vide soit toujours le même et à son maximum; s'il arrive à baisser, faites-en rechercher la cause de suite, le mal ne se guérira pas tout seul, il ne pourra qu'augmenter.

Mettez des purgeurs automatiques au cylindre et à la conduite de vapeur, surtout si elle est longue, que les tuyaux d'arrivée soient bien enveloppés. Quand ils sont exposés au refroidissement de l'air, ils font l'effet d'un condenseur à surface.

Employez comme graissage, de préférence, des huiles minérales, surtout pour le cylindre, et en aucun cas le suif, pour ne pas avoir de dépôts de résidus qui s'accumulant dans les fonds de cylindre ou la boîte à vapeur, pourraient entraîner des ruptures de pièces ou le déréglage de la machine.

Au moins une fois par an, cette dernière sera démontée entièrement, pièce par pièce, lesquelles seront nettoyées et visitées.

L'arbre moteur devra être vérifié et redressé s'il est dénivelé, comme, du reste, toutes les transmissions.

Ainsi soignée, une machine à vapeur donnera tout son rendement, marchera avec le maximum de régularité que comportera son système, et évitera à l'usine les arrêts préjudiciables ayant pour cause une défectuosité de la force motrice; les économies que l'on fait par elle sont le premier argent de gagné et se trouve être ainsi directement en rapport avec la diminution du prix de revient de l'objet fabriqué.

Dans beaucoup d'usines, surtout dans les petites, on emploie à présent les moteurs à gaz.

La facilité de conduite de ces dernières compense, aux yeux de bien des industriels, la plus-value, du reste minime, résultant de la différence du coût du gaz dépensé avec celui de la houille employée dans les machines à vapeur, pour lesquelles cela revient à meilleur marché.

Les industries qui n'ont besoin de la force motrice que d'une façon intermittente, comme dans les fonderies, imprimeries, travaux à façon, etc., y trouvent assurément des avantages. D'abord il n'est besoin d'aucun homme spécial, ensuite la sécurité est plus grande.

Mais par le fait même de cette simplicité de marche et de conduite, il ne s'ensuit pas que l'on doive négliger les précautions et soins relatifs aux moteurs.

Ainsi il nous a été donné de voir récemment, dans une fonderie, condamner les machines à gaz, sous prétexte qu'elles se déréglaient trop facilement, s'arrêtaient sans causes apparentes, etc.

Toute personne qui voudra bien prendre connaissance de ce qui suit, sera à même de faire justice de ces griefs supposés, qui n'avaient d'autres causes que l'insouciance et le manque de soins, et pour que les avis que nous donnons soient mieux compris, nous commencerons par donner un aperçu du fonctionnement de ces sortes de moteurs.

La force motrice est produite par l'explosion d'un mélange détonant, composé en moyenne de 95 parties d'air et de 4 parties de gaz, produisant une pression égale à environ 6 kilog. par centimètre carré de surface, mais comme cette pression effectuée n'a lieu qu'au moment même de l'explosion, c'est-à-dire pendant un laps de temps très court, il importe d'en profiter pendant qu'elle a lieu. C'est pourquoi ces machines marchent à une vitesse relativement grande et sont munies de volants très puissants, eu égard à la force de la machine. Dans la ma-

chine à vapeur à détente, l'expansion de la vapeur continue à se produire jusqu'à bout de course du piston. Dans la machine à gaz le contraire a lieu, car l'explosion ayant occasionné une puissance, retire instantanément une partie de ce qu'elle a donné, par le vide qui se produit immédiatement après. C'est alors que l'impulsion donnée au volant par le premier effet de l'explosion devient nécessaire pour entraîner le piston jusqu'à la fin de sa course et passer le point mort seulement, car en ce moment la résistance du vide redevient puissance et ramène le piston à son point de départ.

De ce point de départ à l'allumage du mélange détonant, la force centrifuge du volant reprend son rôle pour faire parcourir au piston une partie de course (environ quatre à cinq centimètres) pendant laquelle il doit aspirer, dans les proportions indiquées plus haut, l'air et le gaz nécessaires à l'explosion qui est produite par l'introduction ou plutôt la présentation de la flamme d'un petit bec de gaz, lequel s'éteint à chaque explosion, puis se rallume au contact d'un second bec intérieur, qui lui ne doit jamais s'éteindre.

Un autre système consiste à transporter vivement une partie de la flamme de ce dernier bec dans le mélange détonant, pour déterminer l'explosion.

Nous ne parlons pas de l'allumage par piles électriques, ce système paraît abandonné aujourd'hui. Ce qui doit être indique tout naturellement, ce qui est à faire, ainsi il est facile de conclure que le volant ayant un rôle prépondérant (puisqu'à un moment donné, c'est lui seul qui supporte la charge de la résistance à vaincre), sa force centrifuge ne doit pas être entravée par d'autres causes que celles de la force motrice à produire. On doit donc faciliter son office par le bon entretien des surfaces de frottement, et pour cela s'assurer au démarrage de la machine qu'il n'existe aucun dur dans les différents organes, et, le cas échéant, les visiter et les nettoyer.

Si la marche de la machine est irrégulière, ou si même l'arrêt complet a lieu, c'est généralement ou par le bec extérieur qui s'éteint à chaque explosion ou par celui intérieur qui ne s'allume pas, ou encore parce que la composition du mélange est imparfaite.

Dans le premier cas, c'est qu'il est soufflé par la force de l'explosion, qui trouve une issue entre le tiroir et sa glace, soit parce qu'il est encrassé, soit parce qu'il s'est produit un grippage quelconque; dans le second cas, c'est que la combustion du petit bec est empêchée par un

restant de résidu des gaz brûlés qui n'ont pas été suffisamment évacués, et enfin, dans le dernier cas, c'est le clapet de retenue qui arrête à une certaine limite le gaz aspiré, ne fermant pas hermétiquement, l'explosion refoule ce gaz et l'empêche d'arriver en quantité suffisante pour permettre l'allumage en temps opportun. Une autre cause d'arrêt ou d'irrégularité peut être l'obstruction des petits trous ou orifice nécessaire à la composition du mélange, qui, par leur nombre et la petite dimension de chacun, peuvent se boucher facilement.

Donc si les becs s'éteignent, visiter le tiroir, le faire redresser s'il est grippé, si peu que ce soit.

Maintenant une des causes d'encrassage des mécanismes de distribution est souvent produite par l'air qu'aspire le piston et qui souvent renferme des poussières selon l'endroit où est placé le moteur ou l'industrie que l'on pratique.

Il est donc d'une importance capitale que l'emplacement choisi soit en dehors de tout ce qui pourrait charger l'air aspiré d'impuretés susceptibles de faire gripper les organes de la machine. Si, pour une cause ou pour une autre, on se trouvait dans l'obligation de ne pouvoir tenir compte de cet inconvénient, nous donnerions le conseil d'épurer l'air avant son entrée dans le cylindre, absolument comme on épure un gaz quelconque, en le faisant passer par un ou plusieurs laveurs, comme dans la fabrication de l'eau de seltz, par exemple, où le gaz acide carbonique nécessaire à la saturation, passe successivement par un ou deux récipients renfermant de l'eau dans laquelle le gaz se lave avant d'être aspiré dans l'appareil.

Ainsi dans la fonderie que nous citions précédemment, le mauvais fonctionnement du moteur n'était produit que par l'impureté de l'air qui étant chargé de poussière, de sable de moulage, commença par encrasser la distribution, puis la fit gripper. Six mois après l'installation de cette machine, elle aurait pu et dû subir une réparation complète. On préféra condamner le système et s'en défaire pour le remplacer par une machine à vapeur qui, n'étant pas mieux conduite, donnera lieu à des inconvénients d'une autre nature, mais tout aussi préjudiciables.

En reprenant d'une façon générale ce qui s'applique indistinctement à tout moteur, nous dirons que celui qui est chargé de la mise en

marche, doit avoir soin de passer, au préalable, l'inspection des organes susceptibles de se déranger ou de se desserrer, tels que chapeaux de chaises ou palier, clavettes, boulons, écrous, etc.

De temps à autre, si le moteur est fixe, visitez les fondations et les boulons de scellement,

En vue de ces examens, que l'accès soit facile, bien éclairé et surtout très propre.

Quand la force motrice est transmise par engrenages, graissez-les souvent; quand c'est par courroie, faites-la examiner souvent pendant les arrêts.

Faites usage de graisseurs en verre, partout où il est possible d'en mettre; vous pourrez ainsi vous rendre compte instantanément si on a soin de tout ce qui a besoin d'être graissé journellement.

Ne permettez pas qu'un trou graisseur soit laissé à découvert; il doit toujours être bouché par une vis ou par une parcelle de métal ou de bois, empêchant que rien d'étranger à l'huile n'y entre. De cette façon l'usure sera beaucoup amoindrie, et s'il arrivait, contre toute prévision, qu'un palier, coussinet, tourillon, etc., viennent à chauffer, vous en trouverez plus facilement la cause, en vous persuadant que cela ne peut provenir que d'un dénivelage quelconque, ce phénomène ne se produisant pas, lorsque le coussinet emboîte exactement son tourillon et que le graissage ne fait pas défaut.

Dès que dans une machine vous voyez quelque chose d'anormal se produire, n'attendez pas que le mal s'aggrave. Si vous n'avez pas de mécanicien chez vous, faites-en venir un du dehors au plus tôt; comme nous avons déjà dit, une défectuosité ne disparaîtra pas toute seule, autant l'arrêter à son début.

Exigez de la part du préposé à la conduite d'une machine ou appareil qu'il avertisse son chef dès que l'objet produit ou réparation faite laisse à désirer.

Vous éviterez ainsi de livrer au commerce des marchandises mal fabriquées, qui pourraient discréditer l'usine ou augmenter les prix de revient.

Nous devons également comprendre dans ce chapitre les précautions usuelles trop souvent négligées, en vue des accidents qui pourraient se produire. Il est indiscutable que l'habitude du danger rend téméraire et surtout insouciant. Tous ceux qui sont dans l'industrie peuvent s'en rendre compte journellement, c'est pourquoi nous ne saurions

trop prémunir ceux qui ont un personnel employé aux machines contre cette indifférence coupable qui fait ou laisse négliger les plus simples précautions.

Un directeur doit avoir le sentiment de la conservation de ses hommes pour eux et pour lui, par humanité et par intérêt et dans aucun cas ne tolérer un de ces manques de prudence qui se produisent malheureusement trop souvent, soit pour le nettoyage des machines en marche, la mise d'une courroie, des engrenages laissés à découvert, et encore dans une manœuvre pour charrier des pièces au cric ou au palan.

Chaque fois qu'un travail ou qu'une opération peut entraîner des blessures ou même mort d'homme, prenez et faites prendre précaution sur précaution. Avancez lentement, mais sûrement ; il y a des cas où moins l'on se presse, plus l'on va vite.

PARTIE COMMERCIALE.

Notre travail ne serait pas complet, si nous n'y ajoutions pas un aperçu de ce qui a rapport à la direction des affaires extérieures d'une usine. La partie commerciale ne doit pas seulement comprendre exclusivement la vente des produits manufacturés, elle doit être également pour les intéressés une source de renseignements susceptibles de guider une fabrication et de lui indiquer les transformations qu'elle doit subir ou les améliorations nécessaires à son commerce.

Depuis quelques années, la publicité s'est accrue dans de très grandes proportions, mais elle est bien plus locale qu'étrangère, et pour nous, le meilleur mode de publicité que l'on puisse employer est un voyageur ou un représentant attitré, qui, nous ne saurions trop le recommander, devrait toujours connaître à fond non seulement la manière de vendre un article, mais aussi celle de le fabriquer. Il devrait pouvoir juger en connaissance de cause et impartialement le degré de supériorité ou d'infériorité qui distingue le produit qu'il est chargé d'écouler de ceux de ses concurrents. Ses connaissances techniques devraient être suffisamment étendues pour lui permettre de les discuter pratiquement avec l'acheteur, et parfois même initier ce dernier, dans une certaine mesure, à la confection de ce produit.

Certains articles, tels que les tissus, denrées alimentaires, objets de luxe, etc., peuvent se juger à première vue ; mais d'autres se rappor-

tant à l'industrie du fer, du bois, à la mécanique nécessitent de la part de celui qui achète une certaine confiance en celui qui fabrique. Il faut donc que le vendeur puisse inspirer cette confiance, par un raisonnement sain et judicieux, et, s'il est nécessaire, par un essai pratique de l'objet ou de la machine. Nous sommes partisan de la plus grande loyauté en affaires. Nous n'avons jamais compris qu'un industriel livre sciemment au commerce, un article qui, tout en n'étant pas mauvais ou mal fabriqué, laisse à désirer sous certains côtés.

En supposant que son agent soit assez adroit pour le faire passer tel quel, soyez certains que cela n'aura qu'un temps, que tôt ou tard l'acheteur ou le consommateur finira par y voir clair et non seulement n'emploieront plus ses produits, mais, ce qui sera pire, les discréditeront.

On pourrait nous objecter quelquefois l'abaissement forcé du prix de vente, l'accroissement de ceux d'achat des matières premières, les frais de main-d'œuvre, d'exploitation, etc. Nous nous rendons parfaitement compte de certaines nécessités de la vente, ayant été nous-même dans les affaires, c'est pourquoi nous disons que les rabais forcés des prix de vente ne doivent pas porter sur la qualité du produit, mais bien sur l'amélioration de sa confection.

Notre conviction, basée sur notre expérience, est qu'une réputation de franchise et d'honnêteté a une très grande valeur vis-à-vis d'une clientèle, et comporte une plus grande sécurité pour l'avenir.

Il vaut toujours mieux avertir un client d'un défaut quelconque dans la qualité d'un produit, plutôt que de chercher à lui vendre pour bon ce qui est médiocre, il arrivera bien par-ci par-là quelques affaires manquées, mais la sincérité dont vous aurez fait preuve vous fournira l'occasion de vous rattraper.

En attaquant un autre ordre d'idées, nous ferons remarquer qu'il y a souvent tendance à reprocher à certains commerçants ou compagnies de s'adresser à l'étranger pour des articles qui se fabriquent également en France, mettre leur patriotisme en jeu, sous prétexte que les usines françaises devraient passer en première ligne.

Que ceux qui pensent ainsi, se persuadent bien, que l'achat est tout ce qu'il y a de plus positif, il ne se paye pas de mots, et le sentiment n'a aucune prise sur lui.

Appellons les choses par leur nom, l'achat est égoïste, féroce même parfois, et n'a aucune nationalité.

Il n'en est pas de même de la fabrication qui, elle, est nationale et, puisque nous avons prononcé le mot de patriotisme, nous dirons que, chacun ayant son opinion à cet égard, il nous sera bien permis d'exposer la nôtre avec franchise, et nous affirmerons qu'entre le fabricant routinier et le commerçant entreprenant, le moins patriote des deux est assurément le premier. Car, si celui qui achète va à l'étranger, c'est qu'il a une raison qui l'y pousse, soit le bon marché, soit la qualité. Certes ses bénéfices pourront s'augmenter dans de plus grandes proportions, mais le consommateur profitera également dans une certaine mesure de ce qui fera la prospérité du commerçant; et somme toute en cherchant partout où il les trouve des produits avantageux, il est patriote puisqu'il amène dans son pays le bon et le bon marché et par suite la facilité de consommation.

Tandis que le fabricant ou l'industriel qui ne suit pas le progrès, qui n'écoute pas les avertissements que lui donne, soit sa clientèle, soit son ou ses vendeurs, son patriotisme consistera à se laisser enlever un marché quelconque, ses affaires péricliteront ou resteront stationnaires, pendant qu'un concurrent étranger, se pliant aux exigences de la vente, travaillera et réussira à le supplanter.

Que tous ceux qui fabriquent réfléchissent bien que le commerçant pouvant obtenir au même prix, la qualité et dans le même délai, n'ira assurément pas à l'étranger, le plus simple bon sens l'indique.

A l'appui de ce que nous avançons nous citerons l'exemple suivant arrivé tout récemment.

Depuis nombre d'années une fabrique de fer française dont nous tairons par convenance la raison sociale, alimentait de sa spécialité tous les marchands de fer et quincailliers de Barcelone, et comme cette ville est pour ainsi dire la clef de l'industrie et du commerce espagnols, on pourrait dire qu'elle alimentait presque toute l'Espagne.

Tout alla bien jusqu'au jour où des fabricants anglais vinrent offrir leurs produits.

Le représentant en avertit sa maison, lui fit remarquer que pour conserver la priorité il fallait faire et des sacrifices dans la vente et des progrès dans la fabrication. L'administration répondit évasivement que l'on verrait, plus tard, etc.

Quelque temps après nouvelle lettre qui, n'étant pas accompagnée de commande, resta sans réponse.

Remarquez que ce représentant de commerce que nous connaissons

intimement est très aimé de sa clientèle (et il faut rendre justice au commerçant espagnol, il n'est pas versatile, quand on a su ou pu le conquérir, il faut des cas exceptionnels pour qu'il quitte celui auquel il a l'habitude d'acheter). Malgré cela il arriva qu'il lui fut impossible de placer le plus petit morceau de fer chez un de ses clients, la différence (qualité égale) était en majoration de 30 pour 100.

Il s'adressa alors à une maison belge qui lui fit immédiatement le rabais demandé. Les transactions reprirent leurs cours, mais cette fois par le chemin de la Belgique.

La maison française ne recevant plus de commandes demanda des explications au représentant de commerce. Celui-ci envoya le tarif belge avec échantillon sans commentaires.

Depuis huit ou dix mois la Belgique a pris possession du marché de Barcelone pour cette spécialité et la France n'est pas près de le ravoir.

Lequel des deux est le plus patriote, ou du représentant qui lutta jusqu'au dernier moment, mettant tout en œuvre pour ne pas se laisser déborder, adjurant sa maison de chercher un mode d'exploitation permettant de rabaisser les prix de vente, ou de la direction de cette usine qui forte de la supériorité de ses produits, ne daigne même pas lui répondre et ne se réveille que lorsqu'il est trop tard.

Les conséquences s'étendent plus loin que l'on pourrait le supposer, car maintenant non seulement Anglais et Belges ont pris momentanément possession de la place, mais avant des capitalistes espagnols finirent par s'apercevoir que les prix de ventes français augmentés des frais de transport et d'entrée leur permettait de concourir, ce à quoi ils n'auraient pas songé, si le rabais demandé avait été accordé.

Aujourd'hui des usines se sont montées, tout porte à croire que dans un laps de temps plus ou moins prochain non seulement l'Espagne suffira à sa consommation, mais qui sait si elle ne viendra pas plus tard importer en France.

La leçon profitera-t-elle, nous le souhaitons vivement sans beaucoup l'espérer, car malheureusement cet exemple n'est pas le seul, et l'on pourrait encore journellement enregistrer des cas analogues, ils se multiplient à l'infini suivant les articles.

La raison en est surtout dans ce fait que peu de directeurs d'usines ou d'industriels se résolvent à voir de temps à autre leur clientèle et à s'assurer par eux-mêmes des besoins et même des caprices de la vente.

Aussi nous dirons hardiment qu'un directeur d'usine ou de manufacture ne devrait pas entrer définitivement en fonction sans avoir visité au moins une fois les commerçants ou établissements principaux qu'il est appelé à alimenter. Car celui qui fabrique ne le fait pas pour son usage, il le fait pour vendre, donc son jugement ou ses appréciations doivent autant que faire se peut coïncider avec ceux des acheteurs.

Le fabricant peut forcer sa fabrication à se plier aux exigences de l'acheteur, tandis qu'il n'y a aucun moyen de forcer ce dernier à prendre un produit qui ne lui convient pas ou qu'il supposera ne pas pouvoir placer.

N'y a-t-il pas beau jour que nos voisins d'outre-Manche comme ceux d'outre-Rhin nous ont donné l'exemple; ceux-ci de la hardiesse et de l'initiative en affaires et en exportations; ceux-là de la persévérance et de la patience qu'impliquent le commerce extérieur.

Jusqu'à présent peu d'industriels ont marché sur leurs traces. Au contraire beaucoup se sont laissé supplanter sur des marchés où nous avions la prépondérance.

Du reste celui qui a eu l'occasion de voyager par mer sur des navires allant ou revenant de pays lointains a pu être frappé de ce qui a également appelé notre attention. C'est que sur une moyenne de dix voyageurs de commerce, par exemple, c'est à peine si vous y verrez un ou deux français presque tous allemands ou anglais.

Nos exportateurs se reposent en général beaucoup trop sur les commissionnaires en marchandises, qui ne sont et ne peuvent être que l'intermédiaire strictement limité entre la vente et l'achat, tandis que le voyageur attitré est non seulement le représentant de la marque de fabrique, mais aussi le propagateur des idées et besoins qui doivent aider à l'utilisation et l'appréciation du produit qu'il est chargé de vendre.

Il faut donc dans la mesure du possible se passer de l'intermédiaire du premier et étendre le champ d'exploration du second, car, si bien que soit dirigée une usine, si parfaite que soit sa production, elle végétera toujours si elle ne se fait pas connaître, si elle n'étend pas ses relations partout où elles sont susceptibles de porter des fruits.

Nous désirons ardemment que nos avis et conseils trouvent de l'écho dans le commerce et l'industrie, nous souhaitons sincèrement que ceux

de nos compatriotes qui ont une part dans la direction de ces deux branches de la fortune publique ou qui s'y destinent trouvent dans tout ce qui précède des éléments ou des enseignements pouvant les guider ou leur être utiles. L'arrière-pensée que nous aurons de n'avoir pas dépensé en pure perte notre expérience et surtout notre bonne volonté nous créera une satisfaction qui sera la seule récompense à laquelle nous aspirons.

NOTE

SUR UN NOUVEAU PROCÉDÉ DE TRAITEMENT

DES

MINERAIS SULFURÉS DE NICKEL ET DE COBALT

PAR M. **JULES GARNIER**.

On avait déjà tenté de traiter au convertisseur les minerais sulfurés de nickel : M. B. Arnaud, ingénieur français, fit des essais sur les pyrites nickélifères d'Italie (comptes rendus de la Société de l'industrie minérale, avril 1879), mais il n'eut pas de succès pratique.

En réfléchissant à la question, on s'aperçoit que la non-réussite de cet inventeur est due à ce fait qu'il s'était donné pour but d'arriver du premier coup à faire du nickel pur au convertisseur, au lieu d'arrêter son opération alors que le sulfure chargé est simplement enrichi par la scorification du fer qui est sa principale impureté. D'après mes expériences sur le nickel, j'ai, en effet, reconnu que ce métal a une affinité telle pour le soufre qu'il ne peut s'en séparer complètement sous une simple action oxydante, ainsi que cela a lieu pour le cuivre et qu'il faut, pour le désulfurer entièrement, comme pour le fer, la double action produite par un agent réducteur, tel que le carbone et un excès de base, telle que la chaux (*Métallurgie du nickel.* Comptes rendus du Congrès de l'industrie minérale, 1882).

Il y a encore un autre obstacle à ce qu'on produise directement du nickel pur au moyen des sulfures au convertisseur Bessemer, c'est que, à haute température, l'action de l'oxygène sur le nickel est très grande, et ce métal se brûle facilement à mesure qu'il s'affine, de sorte que, pour une petite quantité de métal obtenue, on a beaucoup trop de déchet, sans compter que, dans la plupart des cas, on n'obtiendrait qu'un alliage de nickel, cobalt et cuivre, dont la métallurgie finale, même par voie humide, serait très coûteuse.

Par suite de toutes ces considérations, je pensai donc qu'il fallait s'arrêter à un terme moyen, qui consistait à n'enlever que le fer au convertisseur et à couler aussitôt que ce métal aurait à peu près disparu, obtenant ainsi un sulfure de nickel, plus ou moins mélangé de cuivre et de cobalt, suivant la composition naturelle du minerai employé, mais un sulfure d'un traitement ultérieur assez facile.

M. Manhès, qui est l'inventeur d'un ingénieux procédé de traitement des mattes de cuivre dans un convertisseur spécial, voulut bien se joindre à moi pour ces expériences sur les mattes de nickel, et me prêter son concours éclairé sur la question; c'est avec lui et dans son usine que les expériences furent faites.

Mais avant de s'engager dans ces expériences métallurgiques, il fallait d'abord se rendre compte de l'importance des mines sulfurées de nickel déjà connues et, dans ce but, je me rendis en Suède, en Norwège, en Piémont, etc., les terres classiques, en Europe, des minerais sulfurés de nickel. Notre excellent collègue, M. Georges Salomon, ingénieur des mines, voulut bien se joindre à moi dans la plupart de ces expéditions et me prêter son concours éclairé pour l'étude des gîtes de nickel. Nous visitâmes les plus célèbres d'entre eux, ceux qui alimentaient de nickel les industries de l'Europe, avant l'ouverture des mines de la Nouvelle-Calédonie, et je dois dire que nous avons trouvé la plupart de ces mines arrêtées ou dans un état des plus languissants.

Je serais entraîné hors de mon sujet spécial par la description géologique de ces diverses mines, diverses études en ont, d'ailleurs, été faites: par M. Delgobe, pour la Norwège, dans le *Génie civil;* par M. Badoureau, pour le Piémont dans les *Annales des Mines*. Je dirai seulement que nous avons été frappés de la similitude entre les mines de Scandinavie et celles du Piémont; dans ces deux contrées, si distantes pourtant, c'est l'amphibolite ou *gabbro*, qui est le véhicule de ces sulfures; les minéraux accidentels sont le feldspath, la chlorite, le quartz, un peu de calcaire, le fer, le cobalt et le cuivre; ce qui spécifie encore ces gîtes de nickel sulfuré, c'est qu'ils sont en amas volumineux, mais très irrégulièrement minéralisés; le *gabbro* ne renfermant parfois que des traces de sulfure, celui-ci faisant même place complète à la roche compacte. Enfin, c'est toujours une pyrite de fer qui porte le nickel, le cobalt et le cuivre sulfurés, et cela dans une proportion qui atteint son maximum en Piémont avec 8 pour 100 de nickel et 6 pour 100 seulement en Norwège.

Pour donner une idée de la puissance de ces formations nickélifères, je dirai seulement qu'en Piémont, le massif amphibolique est reconnu sur 20 kilom. de long et 4 kilom. de largeur, et que là, comme en Scandinavie, il est intercalé dans les schistes azoïques anciens : gneiss et micaschistes.

Au premier abord ces gisements semblent être tout différents de ceux que j'ai signalés et étudiés à la Nouvelle-Calédonie et qui sont, comme on sait, des amas filoniens d'hydrosilicate double de nickel et de magnésie, dans des roches serpentineuses généralement tendres. Pendant longtemps j'ai douté qu'il y eût quelque analogie entre les deux minerais et leur genre de formation, mais après mes études des gîtes de minerai de nickel sulfuré, je vois de grands rapprochements entre les deux variétés de gisement, et les minerais calédoniens pourraient être simplement des dérivés d'anciens minerais sulfurés de nickel : soumettons, en effet, ces derniers à l'oxydation, nous aurons des sulfates de nickel et de fer qui, dissous d'abord, puis décomposés, pourront donner lieu à ces nombreux dépôts connexes de fer hydraté oxydé et d'hydrosilicate de nickel et de magnésie de la Nouvelle-Calédonie, et qui sont irrégulièrement dispersés dans les immenses formations magnésiennes du pays qui ne diffèrent comme composition de celles d'Europe, que par leur beaucoup moindre compacité et par la disparition parfois totale de leur magnésie, qui a été dissoute elle-même. Des sources thermales et alcalines surgissent encore au travers des gîtes calédoniens ; des volcans encore actifs sont dans leurs rayons (à Tana, Nouvelles-Hébrides) ; et ce sont là les derniers témoins, sans doute, des forces mécaniques, thermiques et chimiques sous l'influence desquelles s'accomplirent les métamorphoses des minerais sulfurés en oxydes ou *garnierites*.

Pourtant cette explication de la formation des gîtes oxydés de la Nouvelle-Calédonie ne suffit pas à faire comprendre pourquoi les serpentines elles-mêmes qui encaissent les filons de nickel contiennent toujours une assez forte proportion de ce métal à l'état d'oxyde. Aussi, y a-t-il encore lieu, selon nous, de faire encore des réserves sur l'identité des gîtes de nickel sulfurés et oxydés.

Ainsi donc, et en résumé, les gîtes de Scandinavie ne diffèrent pas de ceux de Piémont, si ce n'est pourtant par l'altitude ; les premiers se rencontrent depuis le niveau de la mer jusqu'à 300 mètres environ

d'altitude, tandis que ceux des Alpes sont surtout importants à 1,800 et 2,000 mètres de hauteur.

Je dirai maintenant quelques mots sur le système usité en Suède et en Norwège pour traiter ces nickels sulfurés.

Métallurgie des pyrites nickélifères

En Norwège et en Suède.

En Norwège et en Suède, on opère de la façon suivante le traitement des pyrites de nickel.

Le minerai est d'abord classé à la main en trois parties : le riche, qui peut passer de suite aux ateliers ; le moyennement riche, qui est broyé et lavé ; le stérile, qui est rejeté.

L'atelier de traitement des minerais ci-dessus comprend :

1° Une halle pour le grillage des minerais ou des mattes pauvres en stalles.

2° La halle des fours à manche pour la fusion des minerais et des mattes pauvres grillées, ainsi que pour le raffinage.

On grille le minerai en tas allongés sur une couche de bois et à l'air libre : ces tas tiennent jusqu'à 250 tonnes de minerai ; le grillage dure deux mois environ. Cette opération oxyde une partie du fer, et quand on en opère la fusion avec des fondants siliceux, le fer s'élimine dans les laitiers, pendant que le nickel, le cobalt et le cuivre se condensent dans la matte.

La fusion des minerais grillés a lieu dans de petits fourneaux au coke ou au charbon de bois. Ces fourneaux, de six mètres de hauteur, ont deux ou trois tuyères ; on ajoute du quartz comme fondant ; le minerai ayant 3 pour 100 de nickel environ, fournit une matte à 8 pour 100 de nickel. La matte première est grillée de nouveau au bois dans des stalles ; on recommence ce grillage jusqu'à trois fois pour bien oxyder le fer ; on refond ensuite dans le demi-haut fourneau avec du quartz, et la matte obtenue a de 20 à 25 pour 100 de nickel.

La matte seconde est encore grillée en stalles comme ci-dessus et refondue au même four à cuve, pour matte blanche à 35 ou 40 pour 100 de nickel.

La matte blanche est affinée dans un four analogue à un bas foyer qui chasse une partie du soufre et ne laisse plus qu'une faible proportion de fer. La matière obtenue contient de 50 à 55 pour 100 de nickel; on la livre aux usines spéciales de raffinage, dont nous parlerons.

Le tableau suivant montre les divers passages d'une exploitation annuelle de 7,000 tonnes de minerais :

Minerai brut à 1 pour 100 de nickel.	7,000	tonnes.
— trié et préparé à 2,5 p. 100 de nickel .	2,800	»
— après grillage en tas.	2,660	»
Matte première à 8 pour 100 de nickel. . . .	875	»
— après grillage	831	»
— seconde à 20 ou 25 pour 100 de nickel.	311	»
— — après grillage.	296	»
— blanche à 35 ou 40 pour 100 de nickel.	187	»
— — raffinée à 50 ou 55 pour 100 de nickel.	133	»

En Suède et Norwège les divers travaux ci-dessus exigent approximativement les frais suivants pour une extraction de 7,000 tonnes et une production de 133 tonnes de matte raffinée :

60 ouvriers mineurs pour l'abatage du minerai à 3 francs par journée	52,000	fr.
30 ouvriers pour le triage et la préparation mécanique.	26,000	»
15 ouvriers aux transports.	12,000	»
2 contremaîtres à 6 fr. par jour	3,600	»
1 mécanicien	1,800	»
1 ingénieur	12,000	»
Entretien du matériel	25,000	»
Voitures, chevaux, etc.	20,000	»
Total.	152,400	»

Ces frais peuvent se décomposer comme suit :

1° Grillage en tas. — Un stère de bois grille 7 tonnes de minerais; le stère vaut 2 fr. — 9 ouvriers surveillent le grillage de 6 tas de 240 tonnes chacun et travaillent 150 jours par an.

2° Fonte pour matte première à 7 ou 9 pour 100. — Le fourneau

de 6 mètres de hauteur fond 10 tonnes de minerai par vingt-quatre heures avec une consommation en charbon de bois de 20 mètres cubes par vingt-quatre heures, d'une valeur de 10 francs le mètre cube. 3 ouvriers par poste suffisent à la marche de ce fourneau.

3° Grillage en stalles de la matte première. Chaque stalle contient environ 4 tonnes de matte à 7 ou 9 pour 100; la durée du grillage est de trois semaines environ en trois feux successifs. — 9 ouvriers desservent 15 stalles. — La consommation en bois est de 1 stère ou 2 francs par tonne de matte.

4° Fonte pour matte seconde à 20 ou 25 pour 100 de nickel.

La première matte grillée, refondue dans le haut fourneau de 6 mètres de hauteur exige davantage de charbon, soit 2 mètres cubes et demi par tonne de matte grillée. — On fond lentement pour éviter la scorification du nickel; on passe environ 15 tonnes par vingt-quatre heures. La main-d'œuvre est de 10 francs par 24 heures.

5° Grillage de la matte seconde. — On grille encore 4 tonnes à la fois et 9 ouvriers peuvent surveiller 15 stalles; la consommation de bois est la même.

Nous remarquerons que, autant que possible, le grillage des mattes en stalles a lieu, pendant l'hiver, avec les mêmes ouvriers qui grillent les minerais en tas pendant l'été.

6° Fonte pour matte blanche à 35 ou 40 pour 100 de nickel.

On fond dans le haut fourneau de 6 mètres de hauteur; la consommation de combustible s'élève à 3 mètres cube par tonnes de matte.

7° Raffinage de la matte blanche.

Il peut se faire au four à reverbère et à la houille ou dans un foyer d'affinage ouvert et au charbon de bois.

Dans l'affinage au charbon de bois deux hommes sont employés et affinent par jour 600 kilogrammes environ de matte blanche avec une consommation de 5 mètres cubes de charbon de bois par tonne de matte.

L'affinage à la houille est plus économique.

Dans les conditions de travail ci-dessus la matte raffinée contient 50 ou 55 de nickel, le reste étant du cuivre, une petite proportion de cobalt et souvent 1/2 pour 100 de fer; son prix de revient est de 2 fr. 50 environ par kilogramme ou 4 fr. 75 par kilogramme de nickel contenu, valeur du cuivre et du cobalt non comprise.

Avant la découverte des mines de la Nouvelle-Calédonie on travaillait avec bénéfice en Suède des minerais à 0.6 pour 100 de nickel et 0.7 pour 100 de cuivre. — Aujourd'hui les seules mines exploitées sont celles qui fournissent un minerai au moins trois fois plus riche, ainsi la mine de *Flaa*, en Norwège, a fourni dans ces derniers temps une production annuelle de :

284	tonnes minerai à	3.5	pour 100	de nickel
125	—	—	2.5	—	—
20	—	—	1.5	—	—

Les mines de Senjen (Norwège), à M. Vivian de Swansea ont une teneur moyenne de 1.5 pour 100 de nickel, après triage — on grille dans des cases en maçonneries — on fond dans de petits hauts fourneaux (depuis peu de temps ; on employait autrefois le four à manche) et l'on concentre les mattes à la houille dans des fours à réverbère.

Les méthodes employées en Piémont pour le traitement de leurs pyrites sont analogues aux précédentes. Ainsi donc, en résumé, les mines enrichissent sur place leurs minerais et les amènent à une matte raffinée dont l'analyse moyenne est la suivante :

Nickel	54
Cuivre	40
Fer	3
Soufre	3
	100

Ce produit est livré aux usines de raffinage qui opèrent la séparation des métaux par des méthodes variables, suivant les cas, très complexes et dont la description m'entraînerait bien loin, sans présenter peut-être un grand intérêt au lecteur. J'arrive donc à nos essais au convertisseur.

M. G. Salomon et moi rapportions, de quelques-unes des mines que nous avions visitées, des minerais transformés à notre intention en mattes pauvres. Ces mattes furent expédiées à l'usine de M. Manhès, en Vaucluse, et y furent traitées dans un petit convertisseur d'essai ne recevant qu'une charge de 25 kilogrammes. La pression du vent dans l'appareil est de 35 à 40 centimètres de mercure et il était intérieurement garni d'un pisé de terre extrasiliceuse destinée à absorber l'oxyde de fer, au fur et à mesure de sa formation. Ce convertisseur est oscil-

lant et le vent y arrive horizontalement, ce qui est, paraît-il, indispensable dans le cas où l'on traite une matte de cuivre pour cuivre métallique, mais indifférent, selon moi, pour le cas qui nous occupe où l'on ne vise qu'à l'obtention d'une matte riche de nickel, cobalt et cuivre.

Nous fondîmes au creuset 25 kilogrammes de mattes pauvres, puis on coula dans le convertisseur préalablement chauffé au rouge, et le vent fut mis aussitôt. Une flamme rougeâtre et abondante se dégagea, indiquant une vive combustion du fer, pendant que l'odeur de l'acide sulfureux marquait une combustion active du soufre ; la matière bouillonnait avec force, mais sans qu'il y eût beaucoup de projections. Au bout de cinq minutes de soufflage, la flamme *s'amaigrit* notablement, indiquant une moindre combustion des matières ; nous coulâmes pour étudier cette phase particulière et le tableau ci-dessous montre ce qui s'était passé :

	A Composition de la matière chargée.	B Composition de la matière après cinq minutes de soufflage.	C Teneur de la scorie en métaux utiles.
Cuivre.	5.86	11.00	0.05 °/°
Nickel.	16.30	30.73	1.51 °/°
Fer et soufre.. .	77.84	58.27	
	100.00	100.00	

Ainsi, par cinq minutes de soufflage, la proportion de nickel avait à peu près doublé ; à ce moment, la combustion du fer devenait moins facile dans l'alliage déjà trop riche en nickel et, par suite, moins oxydable ; c'est ce qu'annonça l'amaigrissement marqué de la flamme qui s'échappait du convertisseur.

Nous rechargeâmes de nouveau dans le convertisseur 25 kilogrammes de la même matte de nickel après fusion au creuset et l'on mit le vent. Après dix minutes de soufflage, la flamme rouge, indice de la combustion du fer, avait pâli considérablement ; on coula pour étudier cette nouvelle phase, que le tableau suivant explique :

	Composition de la matière chargée.		Composition de la matière après dix minutes de soufflage.	Teneur de la scorie en métaux utiles.
Cuivre.	5.86		14.13	0.60 °/°
Nickel.	16.94		51.80	3.00 °/°
Fer et soufre. . .	77.20	Fer. . .	10.90	
		Soufre.	24.17	
	100.00		100.00	

Ce dernier produit est déjà assez riche pour pouvoir s'expédier de la mine aux usines de raffinage; la proportion de fer qu'il contient est moindre que celle des fontes de la Nouvelle-Calédonie qui tiennent toujours 25 à 30 pour 100 de fer.

Toutefois, nous voulûmes pousser jusqu'au bout le procédé et nous opérâmes de nouveau et dans les mêmes conditions sur 25 kilogrammes de mattes pauvres de nickel. Dans cette dernière expérience, le soufflage dura seize minutes : après quinze minutes, la flamme s'était subitement colorée en vert, le cuivre brûlait et *a fortiori* le nickel. Il aurait fallu s'arrêter à ce moment. Voici les phases de cette opération :

	Composition de la matière chargée.		Composition de la matière après seize minutes de soufflage.	Teneur de la scorie en métaux utiles.
Cuivre.	5.86		11.30	0.30 °/o
Nickel.	16.94		70.06	10.05 °/o
Fer et soufre. . .	77.20	Fer. . .	1.20	
		Soufre.	17.44	
	100.00		100.00	

Le sulfure de nickel ainsi obtenu est d'un traitement économique et facile, soit par voie sèche, soit par voie humide; c'est là un produit marchand recherché des usines de raffinage.

Quant à la scorie, elle est riche en nickel ; cela provient de ce qu'on l'a analysée sans en sortir les grenailles métalliques de nickel (ce qui se fait dans la pratique), et aussi de ce qu'on a soufflé pendant une ou deux minutes de trop. Toutefois cet inconvénient n'est pas grave, car la scorie repasse comme fondant du minerai, ce qui permet de récupérer tout ce nickel dans la matte pauvre. On observe encore que cette scorie étant relativement plus riche en nickel qu'en cuivre que la matte originelle, il y a là un moyen d'obtenir par l'emploi de cette scorie et dans certains cas un nickel à peu près exempt de cuivre. Les éléments du prix de revient du nickel dans la matte riche peut se décomposer ainsi :

1° Fusion du minerai brut avec 16 pour 100 de son poids de coke ;

2° Main-d'œuvre et entretien, 2 fr. par tonne de minerai fondu ;

3° Refonte de la matte pauvre obtenue ci-dessus avec 10 pour 100 de son poids de coke ;

4° Main-d'œuvre et entretien par tonne de matte pauvre refondue, 2 francs.

5° Les frais de soufflage au convertisseur pour passer de la matte première pauvre à la matte riche à 60 ou 70 pour 100 sont de 0 fr. 20 par kilogramme de nickel, tous frais compris, si l'on dispose d'une force hydraulique. Si l'on emploie la vapeur, il faut compter qu'une machine à vapeur de 25 chevaux peut produire par douze heures de travail environ 1000 kilogrammes de matte à 70 pour 100 de nickel.

Si, avec les données ci-dessus, nous prenons un minerai sulfuré de nickel ne contenant que 2 1/2 pour 100 de nickel et revenant à 20 francs la tonne à l'usine ; si nous admettons que le prix du coke est de 50 francs la tonne, le kilogramme de nickel contenu dans la matte riche aura le prix de revient suivant :

1° Prix du kilog. de nickel dans le minerai, 0 fr. 80.

2° La fusion de ce minerai coûtera la tonne :

160 kilog. coke à 50 fr. la tonne.	8f 00
Main-d'œuvre et entretien.	2 00
Soit.	10f 00

Pour 25 kilog. de nickel ou $\frac{10}{25} = 0^f\,40$ par kilog.

3° La matte pauvre obtenue aura 6 pour 100 de nickel à cause du départ d'une partie du soufre ; sa refonte coûtera par tonne :

100 kilog. de coke à 50 fr. la tonne.	5f 00
Main-d'œuvre et entretien.	1 50
Total.	6f 50

Soit 6 fr. 50 pour 60 kilog. de nickel et $\frac{6.50}{60} = 0^f\,11$ par kilog.

Après le souflage, le kilogramme de nickel contenu dans la matte riche à 60 ou 70 pour 100 de nickel, exempte à peu près de fer, coûtera :

Prix de revient dans le minerai.	0f 80
Frais de fusion pour matte pauvre.	0 20
Frais de refonte de la matte pauvre.	0 11
Frais de soufflage.	0 40
Total.	1f 51

Bien que les déchets de nickel dans les scories soient de peu

d'importance, puisque ceux du convertisseur se récupèrent en grande partie dans le four de fusion, si celui-ci est bien étudié, nous ajoutons toutefois 0 fr. 19 au prix ci-dessus pour tenir compte des déchets, de sorte que le prix de revient est en définitive de 1 fr. 70 et comme le prix de vente du nickel contenu dans des mattes riches est actuellement de 5 fr. environ par kilogramme, on voit qu'il reste une marge considérable pour les frais généraux, les bénéfices, etc.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Bateaux à vapeur américains. — Les arbres creux. — Passage des locomotives dans les courbes. — Le pont de Brooklyn. — Une cause d'accidents de chemins de fer. — Mesures métriques.

Bateaux à vapeur américains. — Voici quelques renseignements récents sur des bateaux à vapeur américains destinés à la navigation des rivières et des lacs. Pour les premiers, nous trouvons dans le mémoire de M. Bouloin, ingénieur de la marine belge, auquel nous avons emprunté la notice relative aux élévateurs à grains donnée dans la Chronique d'avril 1884, page 515, une note sur les *ferries* de New-York.

Il existe pour relier les agglomérations de New-York, Brooklyn, Jersey-City, Hoboken, etc., 38 lignes de ferries; certaines d'entre elles ont des itinéraires assez longs; d'autres, au contraire, sont des passages d'eau proprement dits; de ce nombre est le ferry de Fulton-Street qui réunit New-York et Brooklyn entre les deux rues qui portent dans ces localités le nom de Fulton-Street; les passages sur cette ligne se succèdent de cinq en cinq minutes de cinq heures du matin à sept heures du soir, puis les départs ont lieu de dix en dix minutes jusqu'à minuit; de minuit à cinq heures du matin, les passages ont lieu de quinze en quinze minutes; le prix de la traversée est de 10 centimes; il est réduit le matin et le soir à 5 centimes entre cinq heures et sept heures et demie, c'est alors que l'affluence est la plus considérable; ces communications très actives entre les deux rives opposées sont rendues impossibles en temps de glace lorsque l'East-River est fermée, c'est ce qui a décidé les deux villes à établir au même endroit le grand pont suspendu inauguré l'année dernière. Le tunnel en construction sous l'Hudson doit relier New-York à Jersey-City.

Les bateaux qui desservent les nombreuses lignes de ferries sillonnant les eaux du port de New-York dans tous les sens, manœuvrent avec la plus grande facilité, transbordent les attelages les plus lourds et accostent avec précision; plusieurs compagnies de chemins de fer possèdent des bateaux spécialement destinés au transbordement des trains de marchandises.

Tous les ferry-boats des rivières américaines appartiennent à un type unique, parfaitement adapté aux conditions qu'ils doivent remplir; il serait impossible de les imiter pour la traversée des rivières étroites à fort courant: ces ferry-boats sont des bateaux plats très larges ayant une grande stabilité; ils sont invariablement à roues et peuvent marcher indifféremment de l'avant et de l'arrière, leurs formes étant symétriques; ils sont pontés de

manière à racheter la saillie formée par les tambours, qui est fort incommode pour les accostages fréquents; ils ont jusqu'à 70 mètres de longueur, mais, comme ils n'ont que peu de creux, le type si original des machines à balancier est le seul employé; la machine est à course très longue, placée au centre du bateau et n'occupe au-dessus du pont qu'un espace rectangulaire fort étroit; les mécaniciens assurent qu'avec un peu d'habileté ils parviennent à ne jamais arrêter ces machines aux points morts. Nous verrons toutefois plus loin qu'il faut cependant qu'il y ait là quelque difficulté puis qu'on s'est préoccupé d'y remédier.

L'espace qui se trouve sur le pont est séparé par deux cloisons longitudinales en trois parties; le couloir central est occupé par deux allées pour le transbordement des véhicules, les côtés sont destinés aux piétons, l'une des cabines est réservée aux dames. Tous ces espaces sont recouverts par un pont abri sur lequel se trouvent les cabines du capitaine et du timonier.

Le pont est prolongé des deux côtés dans le sens de la longueur par un bec arrondi qui épouse exactement le creux ménagé dans les embarcadères; le bateau, après avoir quitté son poste sur l'une des rives, gagne la rive opposée sans virer de bord; il est guidé dans une enclave destinée à le recevoir, il suffit pour cela de lui conserver un peu d'aire, le courant qui est très faible ne nuit pas aux manœuvres.

Le bois entre pour une très grande part dans la construction des coques de ces bateaux et même de leurs machines; celles-ci ont presque toutes des bâtis en bois de pin de la forme d'un A dont les jambes sont fortement entretoisées par des traverses armées de genoux en bois.

On donne aussi à New-York le nom de ferry-boats aux grands bateaux à roues qui transportent les marchandises et les passagers sur les rivières ou dans des parages où il y a peu de mer; les points de départ de ces lignes sont du côté de New-York sur l'Hudson et l'East-River; pour les localités les plus importantes comme Albany, Providence, Boston, il existe plusieurs compagnies rivales qui se font concurrence et dont les bateaux luttent de vitesse et de confort. Voici quelques données relatives au steamer *Massachusetts* de la Providence Line.

La coque de ce navire est comme d'ordinaire construite en bois, elle mesure :

Longueur à la flottaison	$105^m,80$
Largeur.	$15^m,25$
Tirant d'eau en charge	$4^m,00$

Les roues ont 12 mètres de diamètre, les pales $3^m,65$ de longueur, ce qui porte la largeur hors tambours à $22^m,90$; les chaudières sont cylindriques à 3 foyers chacune, elles sont au nombre de six, disposées sur deux rangées longitudinales; elles sont du type ordinaire usité dans la marine; chacune d'elles a un surchauffeur séparé.

La machine verticale à balancier supérieur est à cylindre unique de $2^m,275$ de diamètre, et $4^m,270$ de course; le balancier est en fonte, mais il

est entouré d'une frette en fer, son poids est de 21 tonnes; l'arbre des roues a $0^m,580$ de diamètre.

La pression aux chaudières est de 3 kilogrammes effectifs; la machine est à condensation par surface avec circulation par pompes centrifuges indépendantes. Avec introduction à 1/5 de la course la machine fait 18 à 19 tours par minute et donne au bateau une vitesse de 17 à 18 milles.

La distribution se fait au moyen de quatre soupapes commandées par deux arbres à cames dont le mouvement d'oscillation est déterminé par deux excentriques, l'un pour l'admission, l'autre pour l'échappement; ces excentriques peuvent être déclenchés pour les manœuvres; les soupapes sont alors reprises par un arbre spécial mû à la main et qui produit des levées beaucoup plus réduites. Les soupapes d'échappement peuvent être réglées par un petit levier auxiliaire et s'ouvrir plus ou moins tôt de manière à produire plus ou moins de compression. Les soupapes de distribution commandées par l'arbre à cames sont contrôlées par une détente variable du système Sickles; ce mécanisme de détente rend à un moment donné la tige de la soupape d'admission indépendante du fourreau qui la commande et qui reçoit de la came son mouvement invariable.

Le mécanicien peut régler une fois pour toutes la durée de l'admission et la faire varier en marche de manière à consommer toujours la vapeur fournie par les chaudières. On trouvera dans les *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers*, volume IV, 1883, page 136, la description avec figures d'un système de détente variable de ce genre, employé sur des ferry-boats de New-York, entre autres le *Baltimore*. La chute des soupapes est contrôlée par un *dash-pot* ou cylindre à huile dans lequel se meut un piston porté par la tige de la soupape.

Ces bateaux qui parcourent des rivières très fréquentées sont pourvus de feux électriques, ils sont munis d'un servo-moteur à vapeur pour le gouvernail; le *Massachusetts* possède un servo-moteur du système Sickles dans lequel la drosse de la roue vient passer sur une poulie qui règle l'angle de calage des excentriques de deux machines conjuguées à angle droit. C'est l'un des systèmes les plus simples qui existent, il est assez répandu en Amérique où la marine de l'État l'a adopté.

Ces grands steamers sont aménagés intérieurement avec beaucoup de luxe; l'espace compris sous le pont est occupé par les secondes; sur le pont à l'arrière se trouve une vaste salle de restaurant qui s'étend sur toute la largeur du navire; l'avant est réservé aux marchandises; les chaudières, les machines, etc., en prennent une grande partie. Le second pont renferme le salon principal entouré d'une double rangée de cabines et coupé en deux dans le sens de la hauteur par un grand balcon donnant accès à un second étage de chambres. Les salons sont éclairés au gaz, leur ameublement et leur décoration sont des productions merveilleuses de l'art industriel aux États-Unis, qui s'inspire actuellement du style anglais le plus pur et qui en fait d'heureuses applications même aux voitures de chemins de fer. Ce genre de bateaux est sans contredit ce que l'art naval a produit de plus remar-

quable en Amérique; il est à noter qu'ils ne constituent pas, à proprement parler, des bâtiments de mer, bien qu'il y en ait un grand nombre qui naviguent sur les côtes; outre que les constructions très élevées qui sont sur le pont seraient fort exposées, la proportion de la longueur au creux est trop grande pour que les coques puissent résister aux fortes mers; on est obligé, afin d'éviter l'affaissement du centre du navire sous le poids concentré au milieu et qui produirait du contre-arc, d'armer la coque contre la flexion au moyen de deux fortes poutres longitudinales en bow-string qui dépassent le toit supérieur des cabines.

La machine à balancier supérieur, dont a parlé M. Bouloin, et qui constitue aux États-Unis un type classique lequel n'a reçu depuis cinquante ou soixante ans que de légères modifications de détails, est sujette à des causes particulières d'accidents. Voici un fait rapporté par l'*American Machinist*.

Le 18 août 1882 dans la nuit, le steamer *Kaaterskill*, de la New-York, Catskill and Athens Line, naviguait sur l'Hudson avec beaucoup de passagers à bord, lorsque les frettes inférieure et supérieure du balancier vinrent à casser à $1^m,20$ environ de l'axe de la bielle motrice. La partie devenue libre, composée du bout du balancier et de la bielle motrice laquelle avait à peu près 8 mètres de longueur, décrivit un arc autour du bouton de la manivelle et vint s'abattre sur le navire en broyant tout sur son passage, le capot de descente et l'escalier, les barrots, un mât, et notamment un tuyau qui laissa sortir des nuages de vapeur jusqu'à ce qu'on pût fermer les soupapes d'arrêt des chaudières. La vapeur remplit le bateau et éteignit toutes les lumières, ce qui n'ajouta pas peu à la confusion. Ce fut un miracle si presque tous les passagers ne furent pas brûlés ou échaudés. Il n'y eut pourtant que six personnes blessées, parce que tout le monde était couché vu l'heure avancée, sans quoi la chute du mécanisme et les débris eussent fait de nombreuses victimes.

Lorsqu'on put se rendre compte des conséquences matérielles de l'accident, on trouva d'un côté le balancier, la bielle et la manivelle étendus au milieu des ruines qu'ils avaient faites; de l'autre côté les dégâts étaient encore plus graves. La partie restée en place du balancier était descendue en broyant les entretoises en bois de $0^m,30$ sur $0^m,30$ du bâtis en A, la traverse de tête du piston en tombant sur le couvercle du cylindre avait cassé celui-ci, fendu le cylindre du haut en bas en détachant un morceau par lequel un homme pouvait passer la tête, tandis que le piston traversant le fond du cylindre était tombé dans le condenseur qu'il avait naturellement mis en pièces.

Les mouvements de la pompe à air avaient été brisés ou faussés, mais la pompe même n'avait rien eu. Il ne restait plus que les mouvements de distribution, l'arbre et la plaque de fondation.

Il fallut démonter toute la machine, remplacer le cylindre, le condenseur, le balancier et réparer le reste. La machine et les chaudières étaient neuves et avaient coûté 300,000 francs. La réparation a coûté 100,000 francs.

La cause de l'accident est due à des défauts de forge dans les frettes en

fer du balancier ; la fonte du corps présentait en outre des soufflures. On doit apporter la plus grande attention à ces pièces qui supportent des efforts énormes lorque les machines sont brusquement arrêtées et mises en marche dans le sens inverse ; dans le bateau dont nous parlons le cylindre avait 1m,60 de diamètre et 3m,66 de course. On a d'ailleurs l'habitude de faire très pesant le cercle extérieur des roues qui ont toujours un grand diamètre, pour leur faire jouer le rôle de volant et aider à la régularité de la rotation.

Les ruptures des pièces du mécanisme dans les machines à balancier ont toujours des conséquences très graves. On se rappelle peut-être qu'en 1872 la rupture de la chappe d'une des grandes bielles du paquebot de la Compagnie Générale Transatlantique, la *France*, alors à roues, entraîna la démolition presque complète de la machine correspondante et faillit avoir des suites encore plus sérieuses ; la bielle tombant au fond du navire aurait pu crever la coque et il est probable qu'une voie d'eau importante dans un compartiment très vaste au centre du bateau eût entraîné une submersion rapide.

Sur les grands lacs des États-Unis qui sont presque des mers, les habitudes en fait de constructions navales sont très différentes. Nous trouvons à ce sujet d'intéressants renseignements dans une communication de M. Holloway à l'*American Society of Mechanical Engineers.*

Il y a encore sur les lacs quelques bateaux à roues avec machines à balancier supérieur du genre de ceux des rivières, mais presque tous sont à hélice avec des machines à pilon, soit uniques, c'est-à-dire avec un seul cylindre ou deux cylindres superposés en tandem, soit doubles, les manivelles étant à 90 degrés ou même dans quelques machines récentes à 180 degrés. Ces bateaux à hélice donnent toute satisfaction et on a rapidement renoncé aux bateaux à roues.

Les premières machines avaient des cylindres simples montés sur des bâtis en bois et fonctionnant sans condensation ; les cylindres avaient de 0m,40 à 0m,50 de diamètre pour des bateaux de 275 à 350 tonneaux. Mais plus tard les besoins de la navigation exigèrent des remorqueurs de 80 mètres de longueur, 12 mètres de largeur et 6 de creux, jaugeant de 1,500 à 2,000 tonneaux et munis de puissantes machines Compound, lesquels remorquent des navires à voiles aussi gros et plus gros qu'eux ou des convois entiers de barques.

Malheureusement les ports des lacs ou les rivières qui relient ceux-ci n'ont qu'une profondeur d'eau assez limitée et on ne peut pas donner beaucoup de creux aux coques. Le remède employé sur les fleuves, c'est-à-dire les grandes fermes en bow-string, est très gênant lorsque les bateaux doivent porter des bois ou du minerai de fer et on a dû y renoncer. Ces coques peu profondes, portant de puissantes machines, souffrent donc beaucoup et éprouvent des secousses très violentes, surtout lorsqu'il arrive à se produire une unisson entre les coups de piston de la machine et les vibrations de la coque.

On a observé que les machines doubles ne produisaient pas de bons résultats parce qu'elles donnaient lieu à des mouvements dans le sens transversal dus à la présence alternative simultanée des deux manivelles de chaque côté de la machine. L'emploi de manivelles équilibrées a amélioré cet état de choses; ainsi le steamer *Amazon* de 72 mètres de longueur, 12 de large et 6 de creux, fut construit en 1873, avec deux hélices, deux étambots et sans fermes de renforcement. Chaque hélice était commandée par une machine Compound à manivelles à 180 degrés; ces machines faisaient 75 tours par minute, les résultats furent excellents, les arbres au lieu d'être violemment poussés alternativement en haut et en bas contre leurs coussinets, paraissaient être suspendus en l'air et on ne sentait sur le navire aucune différence que les machines fussent en marche ou non. Un grand remorqueur fut construit récemment avec une machine Compound à manivelles à 90 degrés; les secousses étaient si violentes que l'équipage ne pouvait pas y tenir. Le propriétaire fit changer le calage des manivelles en les mettant à 180 degrés l'une de l'autre et on n'éprouva plus aucune secousse, la marche devint parfaitement douce et tranquille. On tend donc à ramener les machines à ce type.

Il s'ensuit alors que les machines des bateaux des lacs, qu'elles soient simples ou doubles, présentent toutes la même difficulté pour être mises en route à cause des points morts communs. Il y a là une question grave par suite de la nature du service que font ces bateaux et de l'encombrement qui se produit dans les rivières aboutissant aux lacs ou à l'entrée des ports; la moindre fausse manœuvre peut amener des collisions et il est indispensable de pouvoir faire partir les machines instantanément d'un sens ou de l'autre.

Voici la disposition qu'emploie M. Holloway et qui donne d'excellents résultats. Sur l'arbre de l'hélice, à un endroit voisin de la machine, sur le manchon d'accouplement de préférence, est calée une roue portant sur la circonférence une série de gorges en V; en regard de la roue est un bloc métallique ayant sur sa face des gorges de même forme; ce bloc est fixé à la tige du piston d'un petit cylindre à vapeur, mais avec un peu de jeu dans le sens perpendiculaire à la tige de manière qu'il puisse être mis en contact avec la roue ou en être écarté. A cet effet le bloc porte, par la partie opposée à celle qui a des gorges, contre un galet monté sur un axe excentré. Le cylindre à vapeur est muni d'un tiroir circulaire mu par un mouvement analogue à celui d'un servo-moteur. On conçoit que, si la vapeur est admise dans le cylindre, le piston exécutera des mouvements alternatifs et que le mécanicien n'aura qu'à presser le bloc contre la roue à gorges à des moment voulus pour déterminer l'entraînement de l'arbre dans un sens ou dans l'autre. La course du petit piston est calculée de manière qu'un seul coup suffise pour faire franchir les points morts à la grande machine. Il est bien entendu que les leviers de commande du petit cylindre et de serrage du bloc sont à la portée du mécanicien. Cette disposition paraît très simple et pourrait être heureusement appliquée à des grandes machines où elle

permettrait en outre de tourner facilement la machine dans certaines circonstances où on emploie les vireurs à bras. Un système de ce genre serait de nature à répandre l'emploi des machines simples préconisées par M. Holt, lequel avait du reste, croyons-nous, essayé une disposition de mise en train ayant quelque rapport avec celle-ci. Nous ajouterons que le journal *Engineering*, dans son numéro du 24 octobre 1867, a donné un article très intéressant sur l'emploi d'un cylindre unique pour les machines locomotives, article dans lequel était indiquée, pour faciliter le démarrage, une disposition offrant une grande analogie avec celle qui a été décrite ci-dessus.

Les arbres creux. — On ne paraît pas être bien d'accord en Angleterre sur l'importante question de l'emploi des arbres creux dans la marine. Ce sujet a été traité incidemment à propos de la communication faite par le professeur Greenhill à l'Institution of Mechanical Engineers, en avril 1883, sur la résistance des arbres soumis à la fois à la torsion et à la compression, cas des arbres d'hélice.

Si on compare un arbre creux avec un arbre plein, il est facile de voir que la seule valeur affectée est le moment d'inertie de la section transversale et que le rapport des résistances est le rapport des moment d'inertie. Si on perce dans un arbre un trou central d'un diamètre égal à $\frac{1}{n}$ du diamètre de l'arbre, la valeur du moment d'inertie devient $1 - \frac{1}{n^4}$, alors qu'on a enlevé une quantité de matières représentant $\frac{1}{n^2}$. Par exemple si le diamètre de l'évidement est moitié de celui de l'arbre, la résistance n'est réduite que de $\frac{1}{16}$, soit à peu près 6 pour 100, tandis qu'on a enlevé 25 pour 100 de la matière.

Inversement, pour deux arbres du même poids, l'un plein, l'autre creux avec un évidement égal à $\frac{1}{n}$ du diamètre extérieur, la résistance du second sera à celle du premier dans le rapport de $\frac{n^2+1}{n^2-1}$ et, si n est fait égal à 2 comme précédemment, ce rapport devient $\frac{5}{3}$ ce qui indique une augmentation de 66 pour 100 dans la résistance de l'arbre creux.

On peut objecter qu'une fissure aura beaucoup plus de gravité dans l'arbre creux que dans l'arbre plein, ce point demande à être examiné avec quelque attention. Il faut d'abord distinguer les effets de fissures longitudinales ou transversales.

Une fissure longitudinale complète dans un plan passant par un diamètre fera tomber la résistance à un tiers ou à un quart de sa valeur primitive, selon que l'arbre est plein ou creux, car la valeur du moment d'inertie sera alors la somme des moments des deux moitiés de la section transversale

de l'arbre, pris par rapport à des axes menés par les centres de gravité des deux moitiés parallèlement au plan de la fissure.

Pour une fissure transversale s'étendant de l'extérieur jusqu'à un certain point du rayon, la nouvelle valeur du moment d'inertie devra être le moindre moment d'inertie de la section subsistante. On pourra ainsi calculer la résistance pour une fissure d'une profondeur donnée.

On doit faire observer ici qu'une fissure transversale a toujours une tendance à s'agrandir, parce que ce sont les fibres voisines qui subissent les efforts les plus grands et la fissure augmentera jusqu'à ce que l'arbre soit complètement brisé, tandis que les fissures longitudinales, même en s'étendant dans toute l'épaisseur de l'arbre, laisseront encore celui-ci capable de transmettre un travail réduit.

Si on fait l'application de ce qui vient d'être exposé à l'arbre creux du steamer *City of Rome*, qui a un diamètre extérieur de 0^m, 638 et un évidement intérieur de 0,355, on trouve que la résistance de cet arbre est les 0,9 de celle d'un arbre plein du même diamètre extérieur dont le poids serait 1,45 celui de l'arbre creux. D'autre part, un arbre plein du même poids que l'arbre creux n'aurait que 0^m,55 de diamètre et la résistance de l'arbre creux est 1,9 c'est-à-dire presque le double de celle de l'arbre plein du même poids.

Ceci est pour les arbres supposés intacts; on peut rechercher l'effet d'une fente transversale représentant un segment de cercle de 25 millimètres de flèche, sur l'arbre du *City of Rome*. Le calcul du nouveau moment d'inertie et sa comparaison avec le moment primitif indiquent une perte d'environ 6 pour 100 dans la résistance, mais cette perte augmentera rapidement avec la profondeur de la fissure; d'autre part avec l'arbre plein, la perte de résistance serait de 5 pour 100; la différence n'est que de 1 pour 100; on voit donc que, même dans l'hypothèse d'avaries, on doit donner la préférence à l'arbre creux dont les avantages ne sont contrebalancés, dans ce cas, que par une différence insignifiante de résistance.

Un membre de la réunion, M. Ed. Reynolds, a vivement contesté les avantages des arbres creux au point de vue pratique; il a cité un nombre considérable de navires ayant reçu des arbres creux, lesquels avaient dû être changés au bout de très peu de temps, bien qu'ils eussent été fournis par des maisons de premier ordre. La cause de ces mécomptes est dans les fissures qui tendent toujours à s'accroître dans les arbres creux, tandis que dans les arbres pleins il y a un noyau central qui ne travaille pour ainsi dire pas, mais qui soutient en quelque sorte la partie extérieure, aussi constate-t-on fréquemment que des fissures extérieures, dans des arbres pleins ne s'étendent pas plus loin et que l'arbre continue à faire un bon service. En tout cas, l'arbre prévient longtemps avant de rompre, tandis que les arbres creux se brisent sans qu'on s'y attende en entraînant des avaries considérables et quelquefois la perte du navire.

M. Reynolds a fait des expériences sur la question des arbres creux; avec un morceau de fer découpé dans le massif des manivelles d'un gros

arbre en fer, il a fait forger un arbre de 2m,70 de longueur, lequel a été tourné à un diamètre de 158 millimètres, ce qui est le quart du diamètre de l'arbre du *City of Rome*. Cet arbre a été coupé en deux parties égales, dont l'une a été évidée par un trou central de 88 millimètres, pour représenter exactement au quart l'arbre du steamer. Ces deux arbres ont été posés sur des supports distants de 0m,915 et essayés au mouton, comme les essieux de chemins de fer. Le résultat fut que l'arbre creux se brisa au quinzième coup d'un mouton d'une tonne tombant de 6 mètres, tandis que l'arbre plein supporta 12 coups du mouton tombant de 6 mètres, 2 de 9 mètres, 2 de 10m,50 et 14 de 12 mètres, soit 30 coups en tout, après lesquels il ne donnait aucun signe de fracture; mais les expérimentateurs fatigués ne prolongèrent pas l'épreuve, et restèrent sous l'impression que l'arbre aurait supporté 100 coups et plus du mouton tombant de 12 mètres.

M. Reynolds a fait l'expérience comparative avec deux arbres ayant, non plus le même diamètre, mais la même section. Il a trouvé, à sa grande surprise, que l'arbre creux ne se comportait pas même aussi bien que le précédent, s'étant rompu au huitième coup. Dans une autre expérience, l'arbre creux se rompit au dix-huitième coup, dont douze de 6 mètres de chute, deux de 9 mètres, deux de 10m,50 et deux de 12 mètres; tandis que l'arbre plein resta toujours sans altération après trente coups de mouton.

Quelques membres ont fait remarquer que les expériences, d'ailleurs intéressantes, de M. Reynolds ont été faites dans une voie qui convient très bien pour des essieux de chemins de fer, mais nullement pour des arbres d'hélice, lesquels sont soumis à la torsion et à la compression, et nullement à la flexion; il n'y aurait donc là aucune conclusion à en tirer.

La question se trouve ainsi ramenée à l'étude des efforts que supportent réellement en pratique les arbres d'hélice; quelques personnes admettent que les plus grands efforts auxquels ils sont soumis proviennent de l'action exercée sur eux par les déformations de la coque, et que c'est de là, bien plus que du travail transmis par les machines, que viennent les ruptures. On a proposé divers procédés pour remédier à cette action de la coque. Le plus simple, généralement employé dans la marine militaire française et très peu en Angleterre, consiste dans l'interposition de quelques joints universels dans la longueur des lignes d'arbre, lesquels permettent aux diverses pièces de prendre sans inconvénient une légère obliquité les unes par rapport aux autres.

Essai de machine à vapeur. — Voici les résultats d'un essai de machines et chaudières fait il y a quelques mois par M. Niel Mac-Dougall, ingénieur en chef de la *Boiler Insurance and Steam Power Company*, de Manchester, sur une paire de machines Compound tandem horizontales établies à Astley Bridge, près Bolton.

Chaque machine a un cylindre à haute pression de 0m,462 de diamètre

et un cylindre à basse pression de 0m,860. Les deux cylindres sont placés en ligne avec tige commune; la course est de 1.525. Les cylindres à haute pression ont des tiroirs ordinaires et des tiroirs de détente, ces derniers commandés par des mécanismes à déclic du genre Corliss. Les grands cylindres ont des tiroirs ordinaires près des extrémités. Il n'y a pas d'enveloppes de vapeur.

La vapeur est fournie par deux chaudières Lancashire, en tôle d'acier, de 8m,50 de longueur et 2m,30 de diamètre, ayant chacune deux foyers intérieurs circulaires de 0m,915 de diamètre et six tubes Galloway. Il y a à la suite des chaudières un économiseur Green de 224 tubes.

Pour les essais, le charbon était pesé dans des caisses et l'eau mesurée dans deux grands réservoirs préalablement jaugés par pesée et dans lesquels le petit cheval d'alimentation des chaudières puisait alternativement. On n'a pas tenu compte du combustible brûlé pendant les arrêts pour le repos des ouvriers, quantité d'ailleurs négligeable parce que dans ces arrêts les cendriers étaient fermés et les feux dormants. On a relevé des diagrammes toutes les demi-heures sur chaque cylindre avec des indicateurs Richards, lesquels ont été vérifiés avant et après l'expérience.

Les essais ont duré trois jours pleins et une partie du quatrième jour. Les résultats ont été relevés séparément pour chaque période. Nous donnons ci-après les résultats moyens correspondant à la période totale :

1. Durée des essais. . . .	Mercredi, 17 octobre, de 9 heures à 5 h. 30	
	Jeudi, 18 — de 6 heures à 5 h. 30	
	Vendredi, 19 — de 6 heures à 5 h. 30	
	Samedi, 20 — de 6 heures à 8 h. 30	
	Total.	30 heures.
2. Nombre moyen de tours par minute.		47.5
3. Vitesse moyenne des pistons par seconde.		2.415
4. Puissance indiquée moyenne.	Petits cylindres.	346.68
	Grands cylindres.	231.25
	Total.	577.93
5. Pression moyenne aux chaudières.		7kg,09
6. Pression moyenne à l'entrée des petits cylindres :		
	Machine n° 1.	6.70
	Machine n° 2.	6.68
7. Expansion moyenne, espaces neutres compris.		10.9
8. Volume décrit par les pistons par cheval indiqué et par minute.		0mc,365
9. Vide moyen au condenseur.		»
10. Température moyenne de l'eau d'alimentation avant son entrée au réchauffeur.		10°.5
11. Température à la sortie du réchauffeur.		123°.5
12. Température moyenne de l'eau d'injection.		22°.5

13. Température moyenne de l'eau de condensation. . . . . . 39°
14. Poids total de l'eau d'alimentation. . . . . 137.931^{kg}
15. Poids d'eau par cheval indiqué et par heure. . . . . . . $7^{kg},955$
16. Rapport de la dépense accusée par l'indicateur à la dépense réelle. 0,792
17. Poids de charbon brûlé, allumage déduit. . . . . 15.085^{kg}
18. Poids de charbon par cheval indiqué et par heure. . . . . $0^{k},87$
19. Consommation en supposant l'eau d'alimentation prise à la bâche et sortant du réchauffeur à 140°, c'est-à-dire dans les conditions normales de marche. . . . . $0^{kg},84$
20. Poids de charbon brûlé par mètre carré de grille et par heure. . . . . 75^{kg}
21. Nature du charbon. { Charbon ordinaire pour chaudières de Burgy, contenant 5 pour 100 d'eau par suite de son exposition à la pluie.
22. Proportion de cendres. 12.38 0/0
23. Poids d'eau vaporisée par kilogramme de combustible pendant l'expérience. 9.14
24. Vaporisation correspondante dans les conditions normales de marche. 9.44
25. Vaporisation équivalente en vapeur à 100°, l'eau d'alimentation prise à 38°. 9.88

Passage des locomotives dans les courbes. — A la neuvième réunion annuelle de la *Master Mechanic's Assocation* en 1876, une commission composée de MM. Sedgley, Brooks, Hudson, Fry et Hodgman, a étudié la question du rayon minimum des courbes dans lesquelles peut passer une machine d'un écartement donné d'essieux.

Le rapport concluait que de longs trains de 80 à 90 wagons chargés étaient remorqués par des machines *Consolidation* dans des courbes de 195 mètres et même moins; dans certains cas les rayons des courbes ont pu descendre considérablement au-dessous, par exemple l'Y sur le Baltimore et Ohio où il y a des courbes de 41.5 mètres de rayon destinées à tourner les machines et dans lequel les machines *Consolidation* passent sans plus de difficulté que les autres machines à marchandises [1].

L'écartement d'essieux de ces machines qui est de $4^{m},29$ à $4^{m},50$, étant de très peu supérieur et quelquefois même inférieur à celui des machines à dix roues et machines *Mogul*, il n'y a pas de raisons pour qu'elles ne passent pas dans les mêmes courbes, et l'écartement des roues à boudins dépasse rarement de quelques centimètres celle des machines américaines ordinaires; un écartement de $4^{m},575$ (15 pieds) est tout à fait exceptionnel.

Les machines à voie étroite, à dix roues accouplées, chargées de

1. *Le Rail Road Gazette* auquel nous empruntons ces chiffres, numéro du 30 mai 1884, page 415, dit « *curve of* 136 *ft. radius* (43°). »

7,200 kilogrammes par essieu avec un écartement extrême de $3^m,95$, passent sans effort apparent à petite vitesse dans les courbes de 75 mètres de la grande ligne entre les stations sur le Mexican National et également dans le Colorado, bien que ces courbes ne puissent être considérées que comme une solution provisoire devant disparaître dans quelques années. Les roues sans boudin doivent avoir une jante très large pour ne pas échapper des rails et, dans certains cas, on a dû mettre deux rails l'un à côté de l'autre pour empêcher cet effet qui est très à craindre dans les courbes de faible rayon. Si on donne un surcroît de largeur à la voie dans les courbes, il n'y a pas de raison théorique qui empêche une machine portée par quatre roues de passer dans une courbe d'un rayon aussi faible qu'on voudra. Les causes qui limitent le rayon en pratique sont la résistance due au frottement et le danger de voir les boudins monter sur les rails en les attaquant par côté.

Le Pont de Brooklyn. — Il y a eu un an le 25 mai que le pont de Brooklyn a été livré à la circulation. Il a passé pendant l'année 587,024 véhicules, 6,083,100 personnes à pied et 5,151,220 personnes dans le tramway.

Le passage moyen journalier a été de 1,604 véhicules, 16,620 personnes à pied et 14,074 personnes en tramway. En réalité la moyenne de ces derniers a été supérieure, parce que le tramway n'a commencé à fonctionner que plusieurs mois après que le pont eut été livré à la circulation. Les recettes ont été de 364,390 francs pour les voitures, 304,155 pour les piétons et 1,287,805 pour les voyageurs en tramway, total 1,958,350 fr., ce qui fait une moyenne de 5,365 fr. par jour.

Une cause d'accidents de chemins de fer. — On raconte que Georges Stephenson, interrogé sur ce qui arriverait si une locomotive venait à rencontrer une vache, aurait répondu : Beaucoup de mal pour la vache. Il aurait pu ajouter : et pour la locomotive. Nous trouvons, en effet, dans les accidents arrivés en avril 1884 sur les chemins de fer des États-Unis, sous la rubrique « bestiaux : »

Dans la nuit du 16 avril, un train de marchandises sur l'Union Pacific, rencontra deux mules qui se trouvaient sur la ligne près de Wahoo, Nebraska; la machine et huit wagons furent jetés hors la voie; le chauffeur fut pris sous un wagon et tué, le mécanicien et un garde-frein furent blessés.

Dans la nuit du 29, un train de voyageurs du Baltimore-Ohio rencontra des vaches près de Mount-Vernon. La machine fut jetée hors de la voie.

Dans la matinée du 30, un train de marchandises sur le Owensboro et Nashville rencontra une vache près de Russellville, Kentucky. La machine fut jetée hors de la voie et renversée sens dessus-dessous, le mécanicien fut tué et le chauffeur dangereusement blessé.

On peut compter en moyenne, par mois aux États-Unis, deux ou trois accidents graves provenant de cette cause.

Mesures métriques. — On a employé jusqu'ici des abréviations différentes pour désigner les mesures métriques et il en résulte souvent des confusions. Le Congrès international du mètre a pensé qu'il était utile d'uniformiser ces abréviations, et il a adopté les désignations suivantes qu'il est à désirer voir devenir d'un emploi général :

1° Mesures de longueur. — Kilomètre, *km ;* mètre, *m;* décimètre, *dm;* centimètre, *cm;* millimètre, *mm*.

2° Mesures de surface. — Kilomètre carré, km^2; mètre carré, m^2; décimètre carré, dm^2; centimètre carré, cm^2; millimètre carré, mm^2; hectare, *ha;* are, *a*.

3° Mesures de volume. — Kilomètre cube, km^3; mètre cube, m^3; décimètre cube, dm^3; centimètre cube, cm^3; millimètre cube mm^3.

4° Mesures de capacité. — Hectolitre, *hl;* litre, *l;* décilitre, *dl;* centilitre, *cl*.

5° Mesures de poids. — Tonne de 1,000 kilogrammes, *t;* quintal métrique de 100 kilogrammes, *q;* kilogramme, *kg;* décagramme, *dkg;* gramme, *g;* décigramme, *dg;* centigramme, *cg;* milligramme, *mg*.

On emploiera pour les abréviations des caractères italiques non suivis d'un point à droite, les abréviations devront être placées sur la même ligne que les chiffres et après le dernier, que ce soit un entier ou une décimale.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

AVRIL 1884.

Obsèques de M. Dumas. — Discours de M. Debray, membre du Conseil de la Société.

Discours de M. le comte d'Haussonville, Directeur de l'Académie française.

Discours de M. J. Bertrand, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

Discours de M. Rolland, Président de l'Académie des Sciences.

Discours de M. Wurtz, au nom des Facultés.

Discours de M. Melsens, de l'Académie des Sciences de Belgique.

Discours de M. Cauvet, Directeur de l'École centrale.

Discours de M. Denis, Président de l'Association amicale des anciens élèves de l'École centrale.

Discours de M. Em. Nusse, secrétaire de la Société de protection des apprentis.

Notice biographique, par M. Daniel Colladon.

Éloges historiques de Charles et Henri Sainte-Claire-Deville, par M. J.-B. Dumas.

Rapport de M. Berard sur un **Appareil pour la fabrication de l'hydrogène**, par M. Egasse.

Le procédé employé par M. Egasse est la réaction classique d'un acide sur du zinc; l'acide employé est l'acide chlorhydrique.

Les appareils consistent en récipients cylindriques de cuivre, mis en communication par des tubes avec des touries contenant l'acide et les laveurs du gaz, Chaque récipient peut donner 10 mètres cubes à l'heure. Une batterie composée de dix de ces récipients est disposée sur un camion à deux chevaux. Un autre véhicule porte les touries d'acide et la réserve de zinc. On peut donc amener facilement les appareils de production sur le lieu de gonflement d'un ballon.

Chaque mètre cube d'hydrogène coûte de production comme matières :

9 kilog. d'acide à 22 degrés	0f,18
3 — de zinc.	0f,90
Total.	1f,08

Le prix du mètre cube d'hydrogène est donc environ quatre fois plus élevé que celui du mètre cube de gaz d'éclairage, pour une force ascensionnelle qui est à peine le double; mais il y a avantage à employer le premier à cause des dimensions moins considérables qu'on est obligé de donner au ballon. De plus le résidu, consistant en chlorure de zinc, a une certaine valeur. M. Egasse le vend comme désinfectant.

Le gaz préparé par ce procédé a servi au gonflement de plusieurs aérostats et il est employé journellement pour les petits ballons-réclames des magasins de nouveautés.

Communication de M. Haton de la Goupillière sur la **Fonçage d'un puits de mine dans un terrain aquifère**.

Ce procédé dû à M. Poetsch, consiste à congeler la masse du terrain aquifère, sur une épaisseur suffisante pour maintenir la pression hydrostatique environnante, pendant le temps nécessaire aux ouvriers pour effectuer le fonçage et exécuter le muraillement.

La congélation s'effectue par la circulation dans un réseau circulaire de tubes en fer d'un courant réfrigérant composé d'une solution de chlorure de calcium, dont la température est abaissée à — 25 degrés par une machine frigorifique.

La congélation a demandé 30 jours; la température du terrain est descendue de + 11 degrés à — 19, et le sol a pris la consistance d'un calcaire, se laissant difficilement attaquer au pic (c'étaient des sables mouvants aquifères). Cette application a été faite au puits Archibald, de la concession de Douglas, dans la région lignitifère de Schmiedlingen.

Sur les origines de l'azote combiné existant à la surface de la terre, par MM. A. Muntz et E. Aubin.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

AVRIL 1884.

Notice sur **Diverses modifications introduites dans le mécanisme des machines locomotives**, par M. Ricour, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

M. Ricour part du principe que, *dans la marche avec régulateur fermé*, la locomotive est soumise à des causes d'usure et de détérioration qui ne se retrouvent pas dans la machine fixe, causes qui résident principalement dans l'aspiration des gaz chauds et qui déterminent l'usure des tiroirs, une perte de travail, une grande difficulté dans la manœuvre du changement de marche. Lorsqu'on emploie des tiroirs cylindriques pour réduire l'effort nécessaire à la mise en mouvement des distributeurs, l'usure produite pendant la marche à régulateur fermé ne permet pas de conserver l'étanchéité et on a des fuites dont l'abondance oblige à revenir à l'emploi des tiroirs, malgré leurs inconvénients.

De plus l'introduction des gaz chauds dans les cylindres est très nuisible et elle a comme conséquence indirecte une cause grave de détérioration des chaudières, due au graissage; enfin il se produit des obstructions dans les lumières et dans les tuyaux d'échappement, obstructions qui réduisent la puissance des machines et augmentent la consommation dans une proportion qui peut aller à 10 pour 100.

M. Ricour propose, pour remédier à ces inconvénients, de disposer, soit sur les conduits d'amenée de la vapeur, soit sur les boîtes à tiroirs, des soupapes de rentrée d'air de 8 centimètres environ de diamètre; ces sou-

papes se ferment naturellement, lorsque la pression de la vapeur existe intérieurement, et s'ouvrent dès qu'il tend à se produire un vide. Dans la marche à régulateur fermé, la machine aspire de l'air frais et le lance dans la cheminée. Cette disposition supprime donc les inconvénients signalés plus haut et permet de revenir à l'emploi des tiroirs cylindriques que M. Ricour a appliqué à un certain nombre de machines des chemins de fer de l'État.

La note donne la description de ces tiroirs à pistons, qui ont une disposition particulière qui empêche les segments de frotter lors de la marche à régulateur fermé; cet effet est obtenu par l'action de la vapeur sur les segments eux-mêmes; lorsqu'il n'y a pas de vapeur, le segment se contracte et ne porte plus contre le siège. On obtient le même effet avec les tiroirs pleins, en les suspendant au cadre par des ressorts qui les écartent légèrement de la table. lorsqu'il n'y a pas de pression de vapeur.

M. Ricour s'étend longuement sur les avantages amenés par l'emploi des soupapes de rentrée d'air et des tiroirs à pistons, avantages consacrés par une expérience de dix-huit mois; nous reproduisons les conclusions de l'auteur :

1° La locomotive modifiée, marchant avec régulateur fermé, est traversée par un courant d'air pur et transformée en machine soufflante, la conduite du feu est plus facile et la production de vapeur plus abondante;

2° L'usure des tiroirs et des cylindres est réduite dans une large mesure.

3° Il en est de même des frais d'entretien de toutes les pièces de la distribution, depuis les colliers d'excentrique jusqu'aux tables des tiroirs;

4° Les mécaniciens manœuvrent le levier de changement de marche avec une extraordinaire facilité, même lorsqu'ils conduisent les locomotives les plus puissantes, du poids de 54 tonnes, à huit roues couplées;

5° Le graissage est assuré exclusivement et très économiquement avec des huiles minérales pures; comme conséquence, les dépôts charbonneux sont complètement évités sur les fonds des cylindres, les faces des pistons, les lumières, les conduits de vapeur et les valves de l'échappement.

6° La principale cause des corrosions des tôles des chaudières est supprimée;

7° Le problème des tiroirs cylindriques est pratiquement résolu;

8° A toutes ces améliorations réunies, se superpose une augmentation de plus de 16 pour 100, comparativement aux machines ordinaires, dans le rendement du travail utile, pour une même dépense d'eau et de vapeur.

M. Ricour donne en note à la fin de son mémoire les résultats d'une expérience faite à la remonte de Rivarennes, le 24 mai 1883, avec une machine à six roues couplées, remorquant un train de 31 véhicules. On a relevé des diagrammes d'indicateur et constaté une dépense en eau mesurée au tender de 12 lit. 825 par cheval indiqué et par heure, ce qui, avec une vaporisation de 8 kilogrammes, donnerait une consommation de 1^k,603 par cheval indiqué et par heure.

Note sur le **Tracé des rives de la Garonne**, par M. Fargue, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Explosion d'un cuvier à lessive dans une blanchisserie de Paris, rapport de M. Luuyt, Ingénieur en chef des Mines.

Ce rapport a déjà paru dans les *Annales des Mines*, voir comptes rendus d'avril 1884, page 526.

Recettes de l'exploitation des tramways durant les années 1882 et 1883.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DE BOURGOGNE, séance du 9 mars 1884, a Montceau-les-Mines.

Communication de M. Gromier sur les **Pompes souterraines mues par une transmission télodynamique aux mines de Montchanin.**

Ces pompes sont jumelles, horizontales et à simple effet, l'arbre qui les commande porte deux coudes à 180°, il reçoit son mouvement, par deux jeux d'engrenage ralentisseurs, d'une poulie à gorge, actionnée par le câble sans fin.

La hauteur du refoulement est de 135 mètres, le volume élevé par heure de 18 mètres cubes, ce qui donne un travail théorique moyen de 10,5 chevaux. L'effort à la circonférence de la poulie à gorge est de 55 kilog. et la vitesse du câble de $22^{m},60$ par seconde. La distance, en partie horizontale et en partie verticale, n'est pas indiquée, mais la longueur du câble est donnée comme étant de 370 mètres. Ce câble, fabriqué chez Stein, à Belfort, est en fer au bois et âme en chanvre; il pèse $0^{k},336$ par mètre courant; sa résistance à la rupture est de 2,600 kilogrammes.

Ce câble dure en moyenne 1,900 heures de travail, ce qui, à 18 mètres cubes à l'heure, correspond à 34,200 mètres cubes d'eau élevée et, pour une dépense de câble de 203 francs, donne $0^{f},0059$ par mètre cube élevé à 135 mètres, ou $0^{f},0042$ par mètre cube élevé à 100 mètres.

Note de M. Domage, ingénieur des mines de Brassac, sur le **Curage**

du puits d'Orléans des mines de Brassac, à l'aide de pompes actionnées par une transmission télodynamique.

Il fallait, pour vider ce puits, envahi par les eaux depuis 1864, épuiser environ 1.000 cubes par 24 heures, à une hauteur maxima de 70 mètres. On a employé deux pompes élévatoires, à simple effet, élevant en pratique 10 litres par seconde à elles deux, ce qui correspondait à un travail de 30 chevaux.

La force était prise sur une machine placée au jour et donnant 40 tours par minute, avec intermédiaire d'engrenages faisant faire 200 tours à la poulie à gorge dont la vitesse à la circonférence se trouvait être de 19^{m},600 par seconde. A l'autre extrémité, la poulie faisait 312 tours, un arbre intermédiaire 78 et l'arbre des pompes 16; le câble est, dans la plus grande partie, vertical, et, bien que les deux brins ne fussent éloignés dans le puits que de 0^{m},15 et fussent très rapprochés de la paroi, ils filaient sans oscillation aucune.

Le câble, provenant de chez Stein, à Belfort, avait une longueur totale de 590 mètres, et pesait 405 grammes par mètre courant; sa résistance à la rupture était de 3.420 kilogrammes.

Deux câbles ont fait, l'un 2 mois 13 jours de service, l'autre 2 mois 21 jours. Le prix de revient du mètre cube d'eau élevée à été, du fait de la dépense du câble de 0^{f},017 pour le premier et de 0^{f},010 pour le second.

Communication de M. Graillot, sur la **Machine d'épuisement des mines de Pontpean (Ille-et-Vilaine).**

C'est une machine à rotation, du type de Seraing, installée récemment, Il y a deux cylindres verticaux, l'un de 1^{m},10, l'autre de 1^{m},70 de diamètre et tous deux 2^{m},50 de course, dont les tiges portent une traverse qui actionne un balancier inférieur commandant par l'autre extrémité la tige des pompes, cette traverse actionne également des bielles qui agissent sur des boutons de manivelles portés par des volants calés aux bouts d'un arbre placé à la base de la machine. Ces volants ont 8 mètres de diamètre et pèsent chacun 27.000 kilogrammes. Le balancier, tout en acier, et fait de pièces assemblées par des rivets, pèse 35.000 kilogrammes.

Les pompes du système Rittinger ont des plongeurs de 0^{m},550 et 0^{m},400 de diamètre et 1^{m},500 de course.

Avec du charbon anglais, qui revient à 30 francs la tonne à la mine, on a brûlé de 0^{k},950 à 1^{k},250, soit en moyenne 1^{k},10 par cheval en eau élevée et par heure.

Il y a 10 chaudières à foyer intérieur, timbrées à 5 kilogrammes, fonctionnant avec combustion très lente.

Communication de M. Martin sur le **Chemin de fer électrique de mine de Zankeroda.**

Ce chemin de fer a été installé en 1882 dans la mine de Zankeroda, en Saxe.

Il est placé dans une galerie, à la profondeur de 220 mètres. Le roulage électrique s'effectue sur 620 mètres de distance; il y a deux voies, l'une d'aller, l'autre de retour, de $0^m,56$ d'écartement, en rails de $6^k,77$ le mètre.

La machine électrique génératrice modèle D O de Siemens et son moteur sont installés à la surface; cette machine fait 750 à 800 tours par minute pour une vitesse de 225 à 250 du moteur.

Les conducteurs sont formés à l'extérieur de deux fils de cuivre nu de $6^m/_m,5$ de diamètre, dans le puits des fils semblables, couverts de gutta-percha et de plomb, dans la galerie de deux rails à section en T isolés et sur lesquels court un coulisseau de contact relié à la locomotive. Celle-ci pèse 1,600 kilogrammes; elle traîne quinze chariots portant chacun 475 kilogrammes de charbon. La vitesse est de $2^m,60$ par seconde.

Le rendement est de 46.6 pour 100, la machine à vapeur donnant 11.2 chevaux effectifs et la locomotive effectuant un travail de 5.22 chevaux.

Les dépenses d'installation se sont élevées à 20,297 francs, et les dépenses de fonctionnement pour un transport de 660 chariots en seize heures de travail sont par jour de 14 fr. 70, soit 2.22 centimes par chariot; et, si on ajoute 15 pour 100 pour intérêt et amortissement, on arrive à 3.76 centimes ce qui pour 475 kilogr. et 620 mètres représente 13 centimes par tonne kilométrique, la distance de transport étant, il est vrai, très faible. On a trouvé que le transport par l'électricité ne coûtait que les deux tiers du transport par chevaux et la moitié du transport par rouleurs. Il est intéressant de constater que l'humidité de la mine ne gêne nullement le fonctionnement.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 5 AVRIL 1884.

Communication de M. WERY sur un **modérateur de vitesse pour machines d'extraction.**

Cet appareil du à M. Wery a pour but d'obliger le machiniste : 1° à ne pas dépasser la vitesse qui lui est assignée, à partir d'une distance de la recette qu'on détermine à volonté; 2° à ne pas dépasser la recette d'une hauteur plus grande que celle dont l'utilité est reconnue nécessaire pour effectuer facilement ses manœuvres.

Dans ces deux cas, si le machiniste sort des limites qui lui ont été imposées, l'arrêt se produit instantanément ou à peu près, par le déclanchement du frein à vapeur ou à contre-poids.

L'appareil est de dimensions très restreintes; le mouvement uniforme y est obtenu par un régulateur d'horlogerie, il peut se regler à volonté, un autre mouvement semblable à celui de la machine est combiné avec le premier de telle sorte que s'ils diffèrent l'un de l'autre d'une quantité qui dépasse la tolérance fixée, un cliquet est mis en mouvement et déclanche le frein. Cet appareil, installé au puits Petin des mines de la Chazotte, paraît bien fonctionner.

Communication de M. Holtzer sur **l'inflammation de la dynamite par un mélange détonant.**

M. Holzer a fait diverses expériences d'où il semblerait résulter que l'explosion d'un mélange détonant de gaz d'éclairage et d'air ne détermine pas l'explosion d'une cartouche de dynamite.

Communication de M. Choubley sur **l'influence du cuivre sur l'acier pendant son laminage.**

L'auteur s'est proposé de résumer les opinions émises par les savants sur l'influence nuisible du cuivre dans le fer, opinions très différentes, car, tandis que les uns comme Eggertz disent que l'acier fait avec du fer contenant 0,5 pour 100 de cuivre ne vaut rien, d'autres considèrent son influence comme bien moins nuisible que celle du soufre.

M. Wasum, ingénieur des aciéries de Bochum, a fait des essais en grand, en mélangeant du cuivre métallique à la fonte dans le convertisseur; l'acier obtenu fut transformé en rails lesquels furent ensuite soumis à des épreuves.

La conclusion est qu'une proportion de 0,862 pour 100 de cuivre sans soufre ne détermine aucune trace de rouverain.

M. Choubley a constaté lui-même que le rouverain ne commence même pas à 1 pour 100. Il a fait fondre dans un creuset 15 kilogrammes d'acier avec 150 grammes de cuivre, et a obtenu un métal contenant 0,960 p. 100 de cuivre, lequel se travaillait parfaitement à chaud et ne présentait aucune trace de rouverain.

L'auteur a constaté également que la présence simultanée du cuivre et du phosphore, de 2 millièmes de phosphore et 5 millièmes de cuivre, ne donne à l'acier aucune trace de rouverain et ne l'empêche pas de se laminer parfaitement.

Communication de M. Holtzer sur le **classificateur Büttgenbach.**

C'est un classificateur à courant d'eau vertical, inventé par M. Büttgenbach pour arriver à la classification des parties fines que l'on obtient dans la préparation mécanique des minerais. Cet appareil est destiné aux grains de 1 millimètre et peut s'appliquer avantageusement au traitement des schlamms obtenus par le lavage de la houille. Un appareil de $1^{m},50$ de côté et de 2 mètres de hauteur peut traiter 20 à 30 tonnes par jour, sans autre dépense que celle de remonter l'eau au niveau du chenal d'arrivée.

Communication d'un travail de M. Le Verrier sur le **dosage du soufre dans les fontes et les aciers.**

On sait que le procédé Boussingault consiste à attaquer l'acier ou la fonte par l'acide sulfurique en recevant les gaz dégagés dans une dissolution d'azotate d'argent, le sulfure d'argent précipité est reçu sur un filtre et pesé après dessication. La pesée sur le filtre taré est délicate et M. Perillou, chef du laboratoire des aciéries de Saint-Étienne, a eu l'idée de tourner la

difficulté en dissolvant dans l'acide azotique le sulfure et le filtre, l'argent est ensuite dosé volumétriquement par le sulfocyanure de potassium. Ce procédé est commode, rapide et sensible. Reste à savoir s'il est exact. M. Le Verrier a fait une série d'expériences sur les causes d'erreur de ce procédé, notamment sur l'action des hydrocarbures qui se dégagent de l'acier et sur les vapeurs chlorhydriques toujours abondantes dans les laboratoires, lesquelles troublent les solutions d'azotate d'argent, et enfin l'action de l'acide sulfureux qui se produit lorsque l'action de l'acide sulfurique est trop vive et qui tend à introduire du soufre dans la solution d'argent.

En somme M. Le Verrier conclut que les causes d'erreur peuvent être écartées avec quelques précautions et que le procédé Perillou, bien appliqué, est susceptible d'une grande exactitude.

Communication de M. BRUSTLEIN sur les **Aciéries Bessemer de Avesta.**

C'est un complément de la communication faite par lui en février dernier (voir compte rendu de mars 1884, page 397).

L'usine Bessemer d'Avesta a produit, depuis 1879, 400,000 quintaux suédois d'acier doux, c'est dire que la fabrication est bien sortie de la période des essais.

Si, contrairement à toutes les idées reçues et aux tentatives déjà faites, l'usine d'Avesta a pu réussir à opérer sur de si petites charges, M. de Ehrenwerth, auquel ces renseignements sont empruntés, en trouve l'explication :

1° Dans l'emploi de tuyères à trous très petits et très nombreux, qui assurent une combustion très complète;

2° Dans ce que la coulée se fait directement de la cornue dans la lingotière;

3° Enfin dans le fait que le col de la cornue est relativement étroit, ce qui conserve mieux la chaleur et permet de maintenir au-dessus du bain une pression plus grande.

Le professeur de Leoben arrive à la conclusion que, si on fait des comparaisons entre le Bessemer d'Avesta et les installations styriennes et anglaises les plus perfectionnées, à prix égal de combustible et de fontes, c'est le mode d'opérer de l'usine suédoise qui est de beaucoup le plus économique.

Fonçage de puits dans les terrains aquifères par la congélation, note de M. BUISSON. (Voir plus haut, page 739).

Appareil explorateur sous-marin « le Neptune. » MM. Imbert frères, de Saint-Chamond, font part à la Société de l'épreuve de cet appareil de l'invention de M. Toselli; ils en donneront la description dans une prochaine séance.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

N° 21. — 24 *Mai* 1884.

Conditions de travail des roues à aubes et des hélices, par W. Riehn (*suite*).

Ponts. Influence de la composition inégale de la matière sur la résistance des fers laminés. — Pont en fer sur le canal de l'Érié. — Avancement des travaux du pont sur le Rhin entre Mayence et Castel. — Courbes des câbles. — Concours pour la construction de la travée mobile destinée à la navigation du pont sur l'Oder à Francfort. — Pont de Rondort aux États-Unis. — Pont sur le Monongahela à Pittsburg. — Pont mobile pour chemin de fer sur le canal de l'Oswégo. — Ligne d'influence d'une poutre reposant sur trois points d'appui. — Pont sur la Tamise en aval du pont de Londres.

Abréviations pour la désignation des unités mathématiques et techniques.

Torpilleurs allemands.

Groupe du Rhin moyen. Association pour la préservation des accidents. — Graisseur Kessler.

Groupe de Wurtemberg. Aciérie Bessemer d'Avesta.

Patentes.

Variétés. Essais de l'*Édinburgh.* Association des anciens élèves de l'École technique supérieure de Darmstadt.

N° 22. — 19 *Mai* 1884.

Conditions de travail des roues à aubes et des hélices, par W. Riehn (*fin*).

La patente 532 de la fabrique des moteurs à gaz de Deutz, par R. Schöttler.

Plans inclinés à câbles, par V. Rauscher.

Expériences sur les colonnes en fer, par Braune.

Mines. Galerie d'avancement du tunnel de l'Arlberg. — Production de l'or en Russie.

Groupe de Hanovre. Dispositions diverses des arbres de tours.

Patentes.

Bibliographie. Enquête sur les appareils fumivores. — Législation allemande sur les patentes.

Variétés. Lancements et essais de navires. — Explosion de chaudière à Cottbus. — Éclairage électrique à Mühlen. — Mélange de matières de

moindre valeur au ciment de Portland. — Nouveaux paquebots transatlantiques du Lloyd de l'Allemagne du Nord.

N° 23. — 7 *Juin* 1884.

Résistance des tuyaux à une pression extérieure, par F. Grashof.

Dévelopement industriel de l'Égypte sous le khédive Ismaïl-Pacha, par Max Eyth.

Groupe de Hesse. Établissement d'un puits artésien à Cassel.

Groupe de Cologne. Extraction et emplois de la strontiane.

Groupe du Palatinat et de Saarbruck.

Groupe de Siegen. Nouvelles installations de hauts fourneaux.

Patentes.

Correspondance. Épuration de l'eau d'alimentation des chaudières.

Variétés. Lancements et essais de navires. — Voyage d'une drague de Stettin en Chine.

N° 24. — 14 *Juin* 1884,

Transmissions de treuils roulants à grande portée, par K. Keller.

Régulateur à action indirecte de Proëll, par le docteur R. Proëll.

Ponts. Ponts sur la Tyne à Newcastle. — Pont sur la Moselle à Eller. — Pont mobile sur l'entrée du port de l'ouest, à Greenock. — Pont d'Anglesea à Cork. — Pont en pierre sur le Nagold, à Teinach. — Pont-route sur le Neckar, à Heidelberg. — Pont sur l'Elbe, à Barby. — Passage de la chaussée du Sleswig sur le chemin de fer de Kiel à Flensburg, à Eckernforde.

Chauffage et ventilation. Quantité de chaleur transmise par une paroi métallique de la vapeur à l'eau. — Enveloppes de Kieselguhr pour les conduites de vapeur. — Théâtre de la Cour à Stuttgart. — Ventilation des bâtiments agricoles. — Ventilation des maisons d'habitation. — Ventilation des voitures de chemins de fer. — Poêle à gaz de Sée. — Poêle à gaz Tortoise.

Groupe du Rhin moyen. Triage magnétique des minerais.

Groupe de la haute Silésie.

Groupe de la Ruhr. Explosion de chaudière à Rees.

Groupe de Thuringe. Nouvelles installations pour l'élévation des eaux. — Réservoirs d'eau pour pompes.

Patentes.

Bibliographie. Manuel de l'exploitation des mines, par le Dr A. Serlo.

Variétés. Lancements et essais de navires. — Essai du *Colossus.*

N° 25. — 21 *Juin* 1884.

Régulateur à action indirecte de Proëll, par le Dr R. Proëll (*suite*).

Reconstruction des soubassements de colonnes supportant les voûtes de grandes caves, par C. Wenger.

Le tunnel de l'Arlberg, par von Hanel.

Groupe de Hanovre. Appareil pour mesurer les efforts subis par les pièces métalliques de Frankel.

Groupe de Magdebourg.

Associations d'employés en Allemagne. — Chemin de fer métropolitain de New-York. — Réunion générale des associations de surveillance de chaudières en Allemagne.

Patentes.

Bibliographie. Statique des constructions, par le Dr W. Wittmann. — Ouvrages reçus.

Variétés. Lancements et essais de navires. — Laboratoires et ateliers d'essais mécaniques dans les écoles techniques supérieures. — Conditions d'admission dans les écoles techniques supérieures de Berlin. — Perte du *Cimbria.* — Éclairage électrique Edison.

Le Rédacteur de la Chronique,

A. MALLET.

TABLE DES MATIÈRES

DU PREMIER SEMESTRE — ANNÉE 1884

